

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS

**USO DE DIAZINÓN MICROENCAPSULADO PARA EL CONTROL
DE TECLA (*Strymon megarus*) EN PIÑA (*Ananas comosus* var.
comosus) MD-2 EN FINCA EL TREMEDAL S.A. LOS CHILES,
COSTA RICA**

Trabajo Final de Graduación Presentado a la Escuela de
Agronomía como requisito parcial para optar al grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

ALEJANDRO JOSÉ HERRERA SÁNCHEZ



Carrera de Ingeniería en Agronomía
Tecnológico de Costa Rica
Sede Regional San Carlos
2005-2018

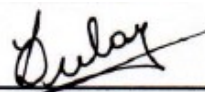
2017

**USO DE DIAZINÓN MICROENCAPSULADO PARA EL CONTROL
DE TECLA (*Strymon megarus*) EN PIÑA (*Ananas comosus* var.
comosus) MD-2 EN FINCA EL TREMEDAL S.A. LOS CHILES,
COSTA RICA**

ALEJANDRO JOSÉ HERRERA SÁNCHEZ

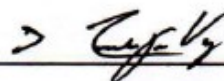
Aprobado por los miembros del Tribunal evaluador:

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA



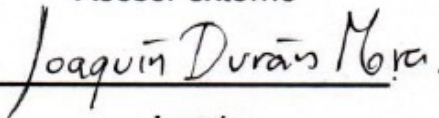
Asesora principal

Ing. Agr. Ronald Fonseca Vargas, Máster



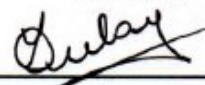
Asesor externo

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora, M. Sc



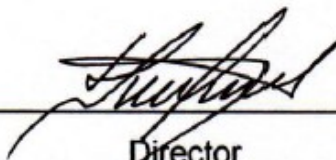
Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA



Coordinadora
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Luis Alberto Camero Rey, M. Sc



Director
Escuela de Agronomía

2017

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por llenarme de sabiduría y fortaleza durante mis años de vida y permitirme llegar hasta acá.

A la Finca El Tremedal S.A, en especial al señor Luis Badilla Arredondo por haberme abierto las puertas para laborar para esta excelente empresa.

Al Ingeniero Ronald Fonseca Vargas por su valioso apoyo, sus consejos y por toda la ayuda que me ha brindado con su gran conocimiento y experiencia.

A la Ingeniera Zulay Castro por el apoyo incondicional, sus valiosos consejos brindados y su dedicado trabajo como asesora, profesora y amiga, quien me dio su apoyo, orientación y colaboración durante la realización de este proyecto.

A la Ingeniera Marlen Camacho por su gran ayuda en la elaboración y revisión del análisis estadístico de los datos de este proyecto.

A todos mis profesores y compañeros del Tecnológico de Costa Rica.

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, por tantas bendiciones que me ha dado en la vida.

A mi padre y a mi madre, Sigifredo Herrera y Gilda Sánchez, por estar siempre presentes en cada momento de mi vida, por darme su amor, sus consejos, su apoyo y por enseñarme a ser mejor persona cada día. A ellos los amaré y les estaré agradecido por siempre.

A mis hermanas, Laura, Dinia y Rosario, por todo el apoyo que me han brindado y que siempre me han demostrado su afecto y cariño.

A mi novia Fiorella, quien siempre ha estado en todo momento junto a mi y me ha dado todo su apoyo incondicional y me ha dado ánimos para seguir adelante.

A Ronald, quien ha sido un baluarte en mi aprendizaje, un ejemplo a seguir como persona y como profesional, siempre estaré agradecido por todo el apoyo que me ha brindado.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA.....	ii
TABLA DE CONTENIDO	iii
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Generalidades del cultivo de piña.....	4
2.2 Descripción taxonómica	4
2.3 Descripción morfológica de la planta de piña	5
2.3.1 Raíces:.....	5
2.3.2 Tallo:	5
2.3.3 Hojas:.....	5
2.3.4 Inflorescencia:	5
2.3.5 Fruto:.....	5
2.4 Crecimiento de la flor y el fruto de piña.....	5
2.5 Principales plagas de fruta de piña	6
2.6 Tecla o gusano barrenador del tallo.	6
2.7 Evolución del nombre científico de Tecla (<i>Strymon megarus</i>)	7
2.8 Hábito y daño de Tecla (<i>Strymon megarus</i>)	8
2.9 Ciclo de vida del gusano barrenador del fruto (<i>Strymon megarus</i>).....	9
2.9.1 Huevo.....	9
2.9.2 Larva	9

2.9.3 Pupa.....	9
2.9.4 Adulto:	10
2.10 Relación plaga-fruta-floración	10
2.11 Métodos de control contra Tecla	11
2.11.1 Control Químico	11
2.11.2 Control biológico	12
2.12 KNOX OUT®: Alternativa química.....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 Ubicación del estudio	16
3.2 Periodo del experimento	16
3.3 Material experimental	16
3.3.1 Cultivo	16
3.3.2 Productos.....	16
3.4 Diseño experimental	17
3.4.1 Número de repeticiones y grados de libertad del error.....	18
3.5 Tratamientos experimentales.....	18
3.6 Distribución de parcelas y tratamientos	20
3.7 Área experimental.....	21
3.7.1 Parcela experimental	22
3.7.2 Unidad experimental	22
3.8 Descripción del proceso de aplicación	23
3.8.1 Preparación y aplicación de las soluciones.....	23
3.9 Recopilación de datos	24
3.10 Variables evaluadas	25
3.11 Análisis de Datos	28
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1 Incidencia de frutas afectadas con signos de presencia de <i>Strymon megarus</i>	29
4.1.1 Síntoma de Daño	32
4.1.2 Excretas	33
4.1.3 Gomosis	34
4.1.4 Larva	35

4.2 Eficacia del Diazinón microencapsulado en comparación al insecticida convencional de finca sobre control de <i>Strymon megarus</i>	37
4.3 Costo final de producto por hectárea versus dosis y cantidad de aplicaciones	40
5. CONCLUSIONES	42
6. RECOMENDACIONES	43
7. BIBLIOGRAFÍA	44
8. ANEXOS	48

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Identificación de tratamientos, productos, dosis, número de ciclos, intervalos de aplicación, inicio de aplicaciones, finalización de aplicaciones, ingrediente activo y coadyuvante utilizados en el control de Tecla (<i>Strymon megarus</i>) en piña MD-2 en finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.	20
2	Variables evaluadas, procedimiento, frecuencia y periodo de observación correspondientes en experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de <i>Strymon megarus</i> (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.	27
3	Porcentaje de frutas con signo de presencia de <i>Strymon megarus</i> observadas en la evaluación final y reducción de la incidencia por cada tratamiento en comparación al Testigo durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de <i>Strymon megarus</i> (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.	30
4	Porcentaje de eficacia de los insecticidas durante las cuatro observaciones realizadas en el control de <i>Strymon megarus</i> en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.	38
5	Prueba de medias LSD Fisher 5% referente al número de frutas sanas en el control de <i>Strymon megarus</i> en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.	39
6	Vector de medias por conglomerados referente a las variables evaluadas durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de <i>Strymon megarus</i> (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.	37

7	Costos de aplicación por hectáreas para cada uno de los productos en fruta de piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.....	40
---	---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Ciclo de vida de Tecla (<i>Strymon megarus</i>).	10
2	Representación esquemática del proceso de lenta liberación de la microcápsula del KNOX OUT® 2 FM 24 SC.	13
3	Comparación de las dos formulaciones diferentes de Diazinón utilizadas para el control de Tecla (<i>Strymon megarus</i>) en Piña MD-2 en finca El Tremedal S.A. Los Chiles, Costa Rica. 2017.	14
4	Producto experimental para el control de Tecla (<i>Strymon megarus</i>) en Piña MD-2 en finca El Tremedal S.A. Los Chiles, Costa Rica. 2017.	17
5	Representación esquemática de la distribución e identificación de parcelas y tratamientos en experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de <i>Strymon megarus</i> (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.	20
6	Área experimental para la determinación del efecto de KNOX OUT® para el control de Tecla (<i>Strymon megarus</i>) en piña MD-2 en finca El Tremedal S.A. Los Chiles, Costa Rica. 2017.	21
7	Representación de una parcela experimental y parcela útil para estudio de eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de <i>Strymon megarus</i> (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.	22
8	Preparación de la dosis del producto KNOX OUT® a evaluar en experimento para el control de Tecla (<i>Strymon megarus</i>) en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica. 2017.	23

9	Representación de la aplicación del método de aspersión foliar del insecticida usado en el experimento para el control de Tecla (<i>Strymon megarus</i>) en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica. 2017.....	24
10	Representación del método de muestreo para determinar presencia de Tecla (<i>Strymon megarus</i>) en el área experimental en finca El Tremedal S.A. Los Chiles, Costa Rica. 2017.....	25
11	Fruta con signos de daño ocasionado por la presencia de la larva de <i>Strymon megarus</i> durante la toma de datos en evaluación de la eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC para su control en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica. 2017.	26
12	Representación estadística de la distribución de las variables respecto a los tratamientos durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de <i>Strymon megarus</i> (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.....	29
13	Porcentaje de frutas con signos de presencia según tratamientos aplicados durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de <i>Strymon megarus</i> (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.	31
14	Media de frutas con síntoma de daño durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de <i>Strymon megarus</i> (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.....	33
15	Media de frutas con excretas durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de <i>Strymon megarus</i> (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.....	34

16	Media de frutas con gomosis durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de <i>Strymon megarus</i> (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.....	35
17	Media de frutas con larva a adulto durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de <i>Strymon megarus</i> (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.....	36
18	Eficacia de los insecticidas evaluados después de la investigación en el control de <i>Strymon megarus</i> en piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.....	39

RESUMEN

La empresa El Tremedal S.A. Los Chiles, situada en la provincia de Alajuela, cantón Los Chiles, distrito El Amparo, produce piña híbrido MD-2 para la exportación como fruta fresca. Esta finca con aproximadamente nueve años de producir se ha destacado por tener amplia experiencia y poseer una visión de investigación en el cultivo de la piña. Se ejecutó esta investigación con el objetivo de determinar la eficacia del insecticida Diazinón bajo la formulación microencapsulada de KNOX OUT® 2 FM 24 SC sobre el control de Tecla (*Strymon megarus*) en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) y a la vez, comparar esa eficacia con el manejo convencional que ejerce la finca para controlar esta problemática plaga insectil. Se establecieron cinco tratamientos con seis repeticiones; dos de los tratamientos corresponden a la aplicación de KNOX OUT® 2 FM 24 SC en dos dosis (Baja: 3 l/ha y Alta: 4 l/ha) aplicados 49 días y 63 días después de forzamiento (ddf). Diazinón 60 EC y Carbaril 48 SC aplicados de manera alterna en dos dosis (3 l/ha y 4 l/ha de Diazinón y 2,1 l/ha y 2,8 l/ha de Carbaril; también se consideró un tratamiento Testigo absoluto. Se determinó la incidencia de Tecla (*Strymon megarus*) en inflorescencia de la planta de piña en segunda cosecha, además de la eficacia de control de los insecticidas respecto al porcentaje relativo en que se redujo la incidencia de esta plaga en el Testigo. No se presentaron diferencias significativas para las variables incidencia y eficacia de control entre la aplicación del KNOX OUT® y el insecticida de uso convencional de finca. Sin embargo, los costos de aplicación del KNOX OUT® fueron menores en comparación al insecticida usado por finca.

Palabras clave: Tecla, *Strymon megarus*, piña, KNOX OUT®, Diazinón, Carbaril, insecticida microencapsulado, Fruta, Control.

ABSTRACT

The Company El Tremedal S.A. Los Chiles, located in Alajuela province, Los Chiles City, El Amparo district, produce hybrid pineapple MD-2 for exportation as fresh fruit. This property with approximately nine years of producing has been highlighted for having extensive experience and a research vision in the cultivation of pineapple. This research was executed with the objective of determine the effectiveness of the insecticide Diazinón under the microencapsulated formulation of KNOX OUT[®], about the control of the Tecla (*Strymon megarus*) in pineapple (*Ananas comosus* var. *comosus*) and at the same time compare that efficiency with the conventional management exercised by the company to control this problematic plague. Five treatments were established each of them with six repetitions; two of the treatments correspond to the application of KNOX OUT[®] 2 FM 24 SC in two doses (Low: 3 l/ha and High: 4 l/ha), applied 49 days and 63 days after forcing (ddf). Diazinon 60 EC and Carbaryl 48 SC applied alternately in two doses (3 l/ha and 4 l/ha of Diazinon and 2,1 l/ha and 2,8 l/ha of Carbaryl; it was also considered an absolute witness treatment. The incidence of Tecla was determined (*Strymon megarus*) in inflorescence of the pineapple plant in second crop, in addition to the effectiveness of the control of the insecticides with respect to the relative percentage in which the incidence of this pest in the Witness was reduced. There were no significant differences for the incidence and effectiveness of control variables between the application of the KNOX OUT[®] and conventional use of farm insecticide. However, the costs of implementation of the KNOX OUT[®] were lower in comparison to the insecticide used by estate.

Key words Tecla, *Strymon megarus*, pineapple, KNOX OUT[®], Diazinon, Carbaryl, microencapsulated insecticide, fruit, control.

1. INTRODUCCIÓN

La planta de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) es considerada como un cultivo perenne debido a que en el transcurso del desarrollo de la planta madre se producen retoños que posterior a la cosecha permanecen produciendo frutos de manera individual (Garita 2014). Para que el proceso de producción de frutos sea eficiente es necesario que la planta pueda crecer y desarrollarse de la manera más adecuada. Existen muchos factores que regulan el sistema productivo (disponibilidad de nutrientes, disponibilidad de agua, presencia de plagas y de enfermedades y factores edáficos), que afectan de cierta manera la producción de piña; sin embargo, con un manejo adecuado es posible que dichos factores logren ser controlados en su gran mayoría (Banacol & UNED 2008).

El daño causado por las diferentes plagas ocasiona pérdidas que llegan a ser considerables para el productor. Diversos métodos han sido aplicados para el control de plagas en cultivos y la prevención es uno de ellos; requiere del conocimiento del cultivo, del ambiente y de la plaga con el fin de aplicar estrategias que vean limitados los ataques iniciales de agentes plaga, así como malezas y enfermedades (Rodríguez s.f).

El uso de sustancias con origen químico ha resultado ser una buena opción para los pequeños, medianos y grandes productores; sin embargo, la utilización de los plaguicidas debe respaldarse con criterios técnicos y prácticos con el fin de que el producto no sea rechazado en el mercado debido a exceso en residuos de este tipo de sustancias (OIRSA 2000).

El determinar el momento idóneo en que se debe realizar la aplicación de un plaguicida en un Manejo Integrado de Plagas (MIP) se fundamente en el umbral económico (UE) o por un nivel de daño económico (NDE) (OIRSA 2001), sin embargo, al ser el cultivo de piña en su mayoría para exportación, no debe esperarse a que la plaga aparezca aunque el daño que llegue a causar sea mínimo, por lo que es importante realizar aplicaciones preventivas para evitar la aparición de la plaga. Rodríguez (s.f) menciona que la aplicación de agroquímicos de manera

preventiva ayuda a que se vean reducidos los efectos que ejercen las plagas sobre la cantidad y la calidad del producto final. Es por ello que se hace necesario mejorar prácticas para el control de plagas durante el ciclo del cultivo, específicamente en la etapa de formación y maduración de la fruta, para lograr mejor calidad de la misma.

Para el control de *Strymon megarus* los insecticidas que más se utilizan son productos sintéticos de la clase de los organofosforados y carbamatos. El mecanismo de acción de los organofosforados radica en la inhibición, de manera irreversible, de la enzima acetilcolinesterasa; llegando a formar un compuesto enzima-tóxico el cual es responsable de sobreestimar partes del sistema nervioso que contienen acetilcolina (SS s.f).

El presente trabajo tiene como propósito evaluar la efectividad del Diazinón KNOX OUT® 2 FM 24 SC (banda verde) para el control de Tecla (*Strymon megarus*) y compararlo con insecticidas en aplicación alterna de uso convencional (banda amarilla). El KNOX OUT® 2 FM 24 SC presenta formulación micro-encapsulada, lo que permite aumentar el intervalo entre aplicaciones y por ende una reducción en los costos de producción. Es importante mencionar que la casa comercial fue la que proporcionó el producto, ya que se encuentra interesada en los resultados obtenidos de la investigación. En ese sentido se han formulado los siguientes objetivos:

1.1 Objetivo general

- Determinar la eficacia del Diazinón microencapsulado en el control de Tecla (*Strymon megarus*) en piña (*Ananas comosus*) MD-2.

1.2 Objetivos específicos

- Comparar la eficacia del Diazinón microencapsulado respecto a la acción de otros insecticidas en aplicación alterna de uso convencional sobre el control de Tecla (*Strymon megarus*) en piña MD-2.

- Determinar la dosis más eficaz del Diazinón microencapsulado para el control de Tecla (*Strymon megarus*) en piña MD-2.
- Identificar el tratamiento más rentable a partir del costo de aplicación versus la eficacia de control de Tecla (*Strymon megarus*).

1.3 Hipótesis

Las plantas de piña tratadas con Diazinón microencapsulado durante la etapa de floración producen frutas libres de daño ocasionado por Tecla (*Strymon megarus*) al igual que plantas tratadas con el programa fitosanitario utilizado comercialmente en la finca y a diferencia de las no tratadas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo de piña

La piña es una planta clasificada como herbácea, monocotiledónea y perenne que llega a medir un metro de altura. Presenta un tallo rodeado por 30 a 40 hojas, las cuales son largas, gruesas y se caracterizan por la presencia de espinas; en variedades seleccionadas las espinas duras y finas solo se encuentran en la parte superior de la hoja. Su fruta es considerada como compuesta debido que las flores junto con las brácteas adheridas a un eje central se hacen carnosas y se unen para formar la fruta final de piña (Jiménez 1999).

Esta fruta es cultivada en regiones tropicales principalmente y se encuentra distribuida en alrededor de 83 países siendo los mayores productores Nigeria, Tailandia e India, mientras que a nivel del continente americano los mayores productores son Brasil, Costa Rica, Venezuela, México, Perú y Colombia (Cerrato 2013).

2.2 Descripción taxonómica

Según Sandoval & Torres (2011), la clasificación taxonómica de la piña es la siguiente:

Reino: Vegetal

División: Monocotiledóneas

Clase: Lilioides

Orden: Bromeliales

Familia: Bromeliaceae

Género: Ananas

Especie: comosus

2.3 Descripción morfológica de la planta de piña

2.3.1 Raíces: Generalmente, la gran mayoría de las raíces de la planta de piña son fibrosas y adventicias secundarias (Jiménez 1999). El sistema radical de esta planta es muy superficial debido a que las raíces se encuentran entre los primeros 15 cm de profundidad del suelo, sin embargo, pueden llegar a profundizarse aún más (Sandoval & Torres 2011).

2.3.2 Tallo: El tallo de la planta de piña se encuentra anclado al suelo gracias a su sistema radical, cuando desarrolla llega a medir entre 80 mm a 100 mm de diámetro. Las yemas que presenta las utiliza para el desarrollo de retoños y raíces. Las características principales del tallo son su consistencia herbácea con forma redondeada, llegando a alcanzar entre 30cm y 60 cm de altura, de apariencia carnosa y rígida con entrenudos cortos (Jiménez 1999). El tallo además, se encarga de almacenar los nutrientes que son desarrollados por las hojas (Sandoval & Torres 2011).

2.3.3 Hojas: Una planta en estado maduro presenta entre 60 hojas y 80 hojas las cuales están adheridas al tallo de manera espiral que poseen venas paralelas y tienen espinas (a excepción del cultivar Cayena Lisa), y se caracterizan porque retienen el 7% del agua adsorbida por las raíces (Jiménez 1999).

2.3.4 Inflorescencia: Contiene de 100 flores a 200 flores orientadas en forma de espiral fusionadas entre sí y con el tallo central originando un fruto partenocárpico, en el cual, la cáscara está formada por los sépalos y las brácteas de la flor (Sandoval & Torres 2011).

2.3.5 Fruto: La piña es una fruta no climatérica, su forma es variable, desde cilíndrica hasta piramidal dependiendo de la variedad (Sandoval & Torres 2011).

2.4 Crecimiento de la flor y el fruto de piña

Una vez que comienza la diferenciación floral se inicia la formación de las diferentes partes de cada flor individual. La formación de la flor va ocurriendo antes

de que la misma abra dentro de la inflorescencia. El ovario da origen al fruto (Laboratorios Agroenzymas s.f).

La inflorescencia de la piña contiene entre 150 flores y 250 flores, que van abriendo entre cinco y diez por día, lo que hace que la inflorescencia esté completamente abierta con todas sus flores entre quince y 25 días. El fruto de la piña es un fruto múltiple que presenta cerca de 200 flores individuales alrededor de un eje floral. La fase de división celular de cada ovario es de aproximadamente 20 días a 30 días y luego continúa creciendo por alargamiento celular. Conforme existan mayor cantidad de células formadas en la primera etapa habrá mayor potencial de tamaño final del fruto.

2.5 Principales plagas de fruta de piña

El cultivo de piña durante su ciclo se ve afectado por varias plagas que llegan a causar daños a la producción, entre las que se encuentran las plagas de la fruta, las cuales, es importante controlar casi de inmediato debido a que, al ser la fruta para mercados internacionales, los cánones de exportación no permiten fruta con el mínimo daño (Rodríguez s.f).

Entre las principales plagas de la fruta de piña están: la cochinilla harinosa (*Dysmicoccus brevipes*), que puede alimentarse de frutas pequeñas o maduras; el gusano soldado (*Elaphria nucicolora*), el cual provoca daño a nivel de cáscara, afectando la fruta fresca de exportación y el barrenador de la piña (*Strymon megarus*) que causa afectación en la pulpa de la fruta y por ende imposibilita la oportunidad de exportarla (Vargas 2008).

2.6 Tecla o gusano barrenador del tallo.

Según el INBio (s.f.), la descripción taxonómica de *Strymon megarus* se refiere al reino animalia, filo Arthropoda, clase insecta, orden lepidóptera, familia Lycaenidae, del género Strymon y especie megarus.

2.7 Evolución del nombre científico de Tecla (*Strymon megarus*)

El fruto de la piña (*Ananas comosus*) ha sido afectado durante años en plantaciones comerciales por larvas de Lepidóptera: Lycaenidae. Usualmente el nombre científico que se le da en la literatura a esta plaga es *Strymon basilides*, anteriormente también se conoció como *Thecla basilides* y *Rekoa zebina* (León & Alpízar s.f) inclusive Garita (2014), lo cita como *Tmolus echion*. Sin embargo, según un estudio realizado por Robbins en el 2010, cita que la literatura histórica sobre esta plaga es universalmente incorrecta y hace mención a tres problemas taxonómicos. El primero de ellos se refiere al patrón del ala ventral, el cual es muy similar entre varios géneros de *Strymon*, en segundo lugar la nomenclatura genérica de *Neotropical Eumaeini*, la cual ha sido inestable, y por último, la identificación a nivel de especie ha sido difícil porque hay poca variación morfológica entre el grupo. Robbins (2010) hace mención en su investigación a los nombres con los que se reconoce esta plaga en la literatura agrícola de la piña: *Tecla basilides*, *Tecla echion* o *Tmolus echion* son nomenclaturamente incorrectos, además expresa que la identificación de la nomenclatura de *Tmolus echion*, la cual se ha aceptado casi universalmente por mucho tiempo, no se refiere a alimentadores de bromelias. En cuanto al nombre de *Thecla basilides* menciona que es un tipo de mariposa que igualmente se alimenta de la piña, pero que es un sinónimo menor de *Strymon megarus*.

Robbins (2010), también cita que las larvas de Lycaenidae, que se alimentan de Bromeliaceae pertenecen a dos grupos de especies: *Strymon ziba* y *Strymon serapio*; sin embargo, hay otras especies que se han visto alimentándose de Bromeliaceae, las cuales son *Strymon ziba* (Hewitson), *Strymon megarus* (Godart), *Strymon Lucena* (Hewitson), *Strymon oreala* (Hewitson), *Strymon serapio* (Godman y Salvin), *Strymon azuba* (Hewitson) y *Strymon gabatha* (Hewitson). De todas las especies anteriormente citadas *Strymon megarus* y *Strymon ziba* son las que generan mayor destrucción en las áreas comerciales de piña.

En Costa Rica, se hicieron investigaciones para averiguar cuál especie de Lycaenidae es la que realmente afecta las plantaciones, León & Alpízar (s.f),

mencionan que para ello se llevaron especímenes de la colección del INTA-CR a un experto del Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), las cuales fueron recolectadas entre los años 1998 al 2013 en zonas de San Carlos y Limón. Los resultados que se obtuvieron en cuanto a las especies recolectadas en esos años corresponden a la especie *Strymon megarus* (Godart), por lo cual se aclara que esta especie es la que se encuentra presente en las plantaciones piñeras de Costa Rica.

2.8 Hábito y daño de Tecla (*Strymon megarus*)

Este insecto se caracteriza por ser de hábito diurno, por lo general se encuentra cerca zonas boscosas y donde haya malezas, principalmente Heliconias, de donde chupan el néctar que poseen sus flores (Rodríguez s.f.).

La Tecla o Gusano Barrenador del fruto como también se le conoce, es una pequeña mariposa (Lepidóptero) de 2 cm de tamaño, la cual se reconoce por una prolongación ubicada en el extremo posterior de las alas. El color del adulto es gris azulado con puntos naranja con negro en los extremos inferiores de las alas; el huevo es de forma elíptica de color claro, mientras que la larva es rosada y robusta y la pupa es de color café brillante (Rodríguez s.f.). Este lepidóptero en su estadio adulto deposita los huevos en las flores que apenas van emergiendo en la primera etapa de formación de la fruta de piña. Cuando estos huevos eclosionan, las larvas que nacen penetran por el canal estilar y con su alimentación producen un daño en forma de galería en la parte externa de la pulpa de la fruta, lo cual hace que se descarte como fruta de calidad. Por su parte, las larvas que nacen, penetran y se alimentan de la parte externa de la pulpa de la fruta; la piña sigue su crecimiento y desarrollo, pero su forma ya no es la misma y el valor comercial se pierde (García 2007).

La larva ataca la fruta, la cual queda deforme y con orificios. La propagación del insecto por lo general es rápida debido al movimiento libre del adulto y a que dispone de alimento durante todo el año. La Tecla ataca durante todo el proceso de floración del cultivo, es por ello que el control debe realizarse en el instante en que las flores abren e inclusive antes, es decir, entre 45 días y 50 días después de

ejecutada la inducción floral y hasta los 90 días o 100 días después de la misma, ya que en ese tiempo la fruta queda susceptible al daño del insecto (García 2007).

2.9 Ciclo de vida del gusano barrenador del fruto (*Strymon megarus*)

En Costa Rica el ciclo de vida de Tecla se completa alrededor de 28 días como se puede observar en la Figura 1, donde el daño que ocasiona puede ser la fuente para que otras enfermedades se establezcan en el cultivo (Garita 2014).

Una característica importante del género *Strymon* y de los lepidópteros en general es la presencia de una metamorfosis completa (Rodríguez s.f.). El ciclo de vida de *Strymon megarus* está compuesto por cuatro estadios (huevo, larva, pupa y adulto) y Coto y Saunders (2004), los describen como sigue:

2.9.1 Huevo

De 0,9 mm de diámetro, coloración blanco traslúcido; su superficie se encuentra cubierta por estrías longitudinales y transversales con forma de espiral. Los huevos son depositados en los pedúnculos florales, en las flores y en epidermis de frutos, generalmente de manera individual, aunque también los hay en grupos de hasta cinco huevos.

2.9.2 Larva

De 0,17 mm de longitud por 5,5 mm de ancho, coloración grisácea o verde oliva, cabeza pequeña, cuerpo largo. Se encuentra cubierta por setas cortas y pequeñas que dan una apariencia áspera. Presenta una placa protorácica romboide, dividida por un surco claro, además tiene espiráculos y un par de glándulas en el dorso del séptimo segmento abdominal.

2.9.3 Pupa

De 12 mm de longitud y 5 mm de ancho; con cabeza y apéndices de color amarillo castaño, tórax oscuro y reticulado, abdomen rojo castaño; cuando se alimenta de las flores empupa en el suelo, pero cuando lo hace del fruto construye un capullo de seda dentro del fruto.

2.9.4 Adulto:

De 12 mm de longitud y 36 mm de ancho; el macho presenta alas de coloración azul iridiscente con áreas marginales oscuras definidas y una mancha castaña que se ubica entre la tercera y cuarta vena radial. Las hembras son de la misma coloración pero pasan a negro en las áreas marginales. En ambos, la parte inferior del cuerpo es blanca, el fémur presenta la cara anterior oscura y la cara posterior blanca, la tibia y el tarso desarrollan anillos que se alternan entre blanco y negro.



Fuente: Vargas 2011.

Figura 1. Ciclo de vida de Tecla (*Strymon megarus*).

2.10 Relación plaga-fruta-floración

Py, citado en Garita (2014) señala que la larva de Tecla (*Strymon megarus*) penetra la base carnosa de la bráctea, donde devora las piezas florales y desde allí penetra al fruto; mientras que Osorio, citado en Garita (2014) explica que la larva de este lepidóptero hace daño al fruto en los primeros estadios de desarrollo del mismo. El establecimiento de esta plaga consiste en la colocación de los huevecillos por parte del adulto en la inflorescencia, luego de su emisión al exterior penetran al fruto desde la base de la bráctea donde permanecen entre trece y 16 días, posterior a

ello salen al exterior donde forma una crisálida en los retoños de hojas localizados en la parte inferior del fruto para convertirse en insecto perfecto entre siete y once días después.

Es importante realizar el control contra Tecla apenas la floración se manifiesta, por ello hay que tener presente la etapa en que se realizó la inducción floral, ya que transcurren siete semanas para que se manifieste la floración del cultivo, de igual manera Garita (2014) hace referencia a que el control debe realizarse antes del estadio de pétalo seco, debido a que en esta etapa la larva de la plaga no puede ingresar al interior de la fruta a causa de la dureza de la cáscara.

2.11 Métodos de control contra Tecla

2.11.1 Control Químico

Los insecticidas son un grupo de plaguicidas utilizados para el combate de insectos que ocasionan daño o deterioro a la producción agrícola y también a la salud humana. En todo el mundo, alrededor de 10.000 especies de insectos se alimentan de todo tipo de cultivo generando daños económicos a productores y personas asociadas al sector productivo, también los insectos causan daño a las personas, ganado y animales domésticos mediante la transmisión de enfermedades; por ello es razonable que exista la necesidad de controlar esta plaga que tanto preocupa a productores agrícolas y entidades de salud pública (Fernández, Pujol & Maher 2012).

Entre los insecticidas utilizados para el control de *Strymon megarus* se encuentra el Diazinón, es un insecticida organofosforado utilizado para el control de insectos de suelo, plantas ornamentales y cosechas de frutas y hortalizas. Diazinón es una sustancia química que no ocurre en forma natural en el medio ambiente (ATSDR 1997).

Al ser clasificado este insecticida dentro de los de banda amarilla, en la actualidad su uso está empezando a ser restringido casi por completo. Respecto a las principales desventajas que presenta este producto, Badii & Varela (2008)

mencionan que el Diazinón es uno de los plaguicidas más persistentes, ya que su vida media en el suelo es de alrededor de 90 días y es de toxicidad aguda, tóxico a insectos benéficos, a peces y a vida silvestre en general. La ATSDR (1997), también menciona una serie de desventajas en el uso del Diazinón, cita que principalmente es utilizado por el sector agrícola y entre algunas de esas desventajas se encuentra la contaminación ambiental debido a que en el momento de aplicarse, pequeñas partículas pueden viajar con ayuda del viento por medio de deriva a otros lugares; también, que puede ser transportado a aguas superficiales debido al lavado que ocasiona la lluvia y que puede lixiviarse y contaminar aguas subterráneas. Sin embargo, Badii & Varela (2008) mencionan que este producto está correlacionado positivamente con el contenido de materia orgánica en el suelo, lo que puede ser considerado como una pequeña ventaja.

Otro insecticida utilizado para control de Tecla es el Carbaril. The National Agricultural Chemicals Association en Bermúdez (2005) menciona que el Carbaril es un insecticida que tiene en su composición 41,2% de ingrediente activo y un 58,8% de ingredientes inertes y que es uno de los insecticidas más utilizados para el control de *Strymon megarus* en el cultivo de piña; sin embargo, es un producto extremadamente tóxico y peligroso para la salud humana y animal.

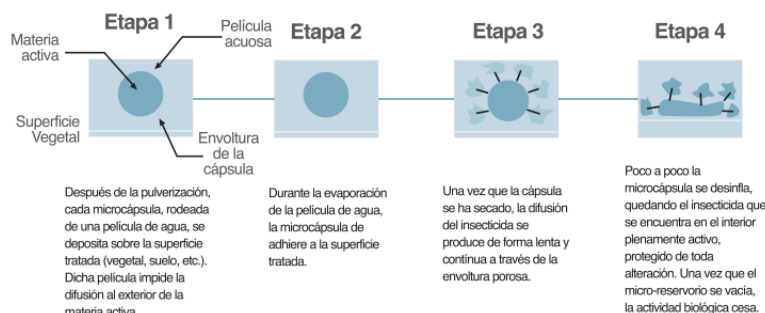
2.11.2 Control biológico

Durante los últimos años se ha venido introduciendo en el mercado la utilización de controladores biológicos de plagas con el fin de disminuir el uso de productos químicos y de esa manera, buscar estrategias de control más amigables para el medio ambiente. El cultivo de piña no escapa de eso y existen diversos agentes que han sido estudiados para el control de *Strymon megarus* y que ejercen controles similares comparándolo con la utilización de productos químicos; algunos de esos microorganismos biológicos son mencionados por Bermúdez (2005), tales como *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y extractos de *Quassia amara*.

2.12 KNOX OUT®: Alternativa química

Según la ficha técnica y hoja de seguridad facilitada por UPL (2012) el KNOX OUT® 2 FM 24 SC es un insecticida organofosforado de amplio espectro cuyo ingrediente activo es el Diazinón y que contiene 240 gramos de ingrediente activo por litro de producto comercial. Su mecanismo de acción se basa en la inhibición de la síntesis de la colinesterasa del insecto con acción de contacto, estomacal y de vapor.

Tiene acción traslaminar y puede ser absorbido por la raíz y traslocado a los brotes vía floema. Además, una de las características principales es que presenta una formulación microencapsulada que hace que el producto sea de lenta liberación, por ende permite aumentar los días entre aplicaciones, lo que genera una disminución en la aplicación de producto y reducción de costos de mano de obra para el productor. En la Figura 2 se puede observar el modo de acción de las microcápsulas; en la etapa 1 al momento de la aplicación del producto la microcápsula se deposita sobre la superficie tratada (inflorescencia de piña), durante la etapa 2, la película de agua que rodeaba la microcápsula se evapora, lo que hace que esta partícula se adhiera a la piña; en la etapa 3, una vez la cápsula se seca, se da la difusión del insecticida de manera lenta continua a través de la envoltura porosa y en la etapa 4, la microcápsula ya se ha reducido, quedando así el insecticida plenamente activo y protegiendo el área tratada.

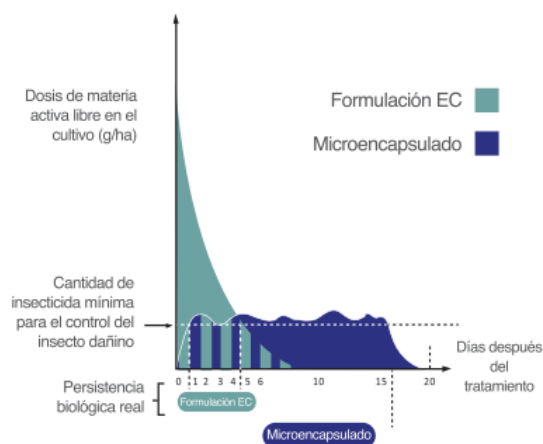


Fuente: UPL 2012.

Figura 2. Representación esquemática del proceso de lenta liberación de la microcápsula del KNOX OUT® 2 FM 24 SC.

Otras de las características que hacen de esta alternativa un producto innovador son la baja residualidad de su ingrediente activo, su clasificación como insecticida de banda verde debido a su baja carga química en comparación al Diazinón 60 EC, disminución de la deriva y también que permite mantener sana la plantación mientras no se puedan realizar aplicaciones por condiciones climáticas adversas.

En la Figura 3 se muestra una comparación entre el Diazinón microencapsulado y el Diazinón con formulación EC donde se observa que la cantidad de producto mínima que se requiere para el control de la plaga es poca y el Diazinón 60 EC excede esa cantidad, por ende, existe una mayor dosis de materia activa libre en el cultivo y conforme pasan los días esta cantidad de materia activa va disminuyendo. Si vemos la formulación microencapsulada la materia activa libre en el cultivo es la requerida para controlar la plaga y además, su característica de lente liberación hace que exista una mayor persistencia biológica por más tiempo, lo que genera que el intervalo entre aplicaciones sea mayor (cada 15 días) (UPL 2012).



Fuente: UPL 2012.

Figura 3. Comparación de las dos formulaciones diferentes de Diazinón utilizadas para el control de Tecla (*Strymon megarus*) en Piña MD-2 en finca El Tremedal S.A. Los Chiles, Costa Rica. 2017.

Como todo producto químico, puede tener su grado de peligro, por ejemplo la inhalación y contacto con la piel se espera que sean las vías principales de

exposición ocupacional a este material. El KNOX OUT® es un insecticida microencapsulado, esta característica puede tender a limitar la exposición al producto o se puede limitar la velocidad de absorción. En pruebas realizadas a exposición de animales, se considera que prácticamente no es tóxico si se ingiere o se inhala; sin embargo, puede ser ligeramente tóxico si se absorbe a través de la piel. El ingrediente activo, en su forma no encapsulada, se absorbe fácilmente después de ponerse en contacto con la piel. La sobreexposición por inhalación, absorción cutánea o ingestión, puede ocasionar envenenamiento por organofosforados (inhibición de la colinesterasa) con síntomas que incluyen dificultad para tragar, dolor gastrointestinal, vómitos, diarrea, aumento de la micción, dolor de cabeza, debilidad, opresión en el pecho, visión borrosa, ansiedad o confusión, salivación, sudoración, pupilas, espasmos musculares, dificultad respiratoria, convulsiones, inconsciencia y muerte posiblemente (UPL 2012).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del estudio

La presente investigación fue ejecutada en la finca El Tremedal S.A., la cual está localizada en Los Chiles, Alajuela, Costa Rica; sus coordenadas geográficas son aproximadamente 10°53' latitud Norte y 84°39' longitud Oeste. Se encuentra aproximadamente a 80 m.s.n.m., con una humedad relativa promedio de 55,9% y una precipitación anual de 1500 mm -1600 mm aproximadamente, con una temperatura que oscila entre 22,5°C y los 30,5°C.

3.2 Periodo del experimento

El trabajo de campo se llevó a cabo entre los meses de junio y julio del 2017, con una duración aproximada de cinco semanas, durante la época de principal afectación de *Strymon megarus*.

3.3 Material experimental

3.3.1 Cultivo

La Finca El Tremedal S.A., Los Chiles, se dedica a la producción y exportación de piña MD-2 cultivada en camas conformadas por dos hileras en un arreglo espacial tipo tresbolillo para una densidad total de 65.000 plantas por hectárea, con una distancia entre hileras de 28 cm, entre plantas de 20 cm y de centro a centro de las camas, de 120 cm. Además, el proyecto está direccionado a sembrar material vegetativo de 300 g a 450 g, 451 g a 650 g, 651 g a 950 g, 951 g a 1400 g.

3.3.2 Productos

Se utilizó el producto KNOX OUT® 2FM 24 SC (Figura 4), insecticida organofosforado con formulación microencapsulada a base de Diazinón con 240 gramos de ingrediente activo por litro de producto comercial. Este producto fue suministrado por la casa comercial United Phosphorus Limited (UPL). También se

utilizó el insecticida de uso convencional de la finca (banda amarilla) a base de Diazinón 60 EC y Carbaril 48 SC, mismo que fue suministrado por finca El Tremedal S.A., Los Chiles. También se suministró como coadyuvante aceite Agrícola a razón de 7,5 litros/hectárea y el pH fue regulado con ácido fosfórico a razón de 0,5 litros/hectárea.



Figura 4. Producto experimental para el control de Tecla (*Strymon megarus*) en Piña MD-2 en finca El Tremedal S.A. Los Chiles, Costa Rica. 2017.

3.4 Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con cinco tratamientos conformados por la combinación de productos (dos productos) y dos dosis, cuyo modelo estadístico consistió en:

$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$ donde:

μ = Media general

Y_{ij} = Variable de respuesta correspondiente al i -ésimo bloque y j -ésimo tratamiento.

B_i = Efecto atribuido al i -ésimo bloque

T_j = Efecto atribuido al j -ésimo tratamiento

E_{ij} = Error asociado a la unidad experimental

3.4.1 Número de repeticiones y grados de libertad del error

Se contó con seis repeticiones para cada uno de los tratamientos, por lo que se dispuso de un total de 30 unidades experimentales y se trabajó con 29 grados de libertad de error.

3.5 Tratamientos experimentales

Tanto el KNOX OUT® como el insecticida de uso convencional de la finca, fueron evaluados en dos diferentes dosis; también se utilizó un tratamiento Testigo absoluto el cual consistió en la no aplicación de insecticida. Los factores y niveles de cada tratamiento, comprendieron dosis y aplicaciones.

-Dosis:

El KNOX OUT® se utilizó a razón de 3 litros/hectárea y 4 litros/hectárea y el Insecticida de uso convencional de finca correspondiente a Diazinón, se usó en 3 litros/hectárea y 4 litros/hectárea; el Carbaril fue usado en 2,1 litros/hectárea y 2,8 litros/hectárea.

-Aplicaciones:

La primera aplicación se realizó simultáneamente para ambos productos, el primer momento se realizó siete semanas después de la inducción floral. El insecticida de uso convencional se aplicó durante cuatro semanas consecutivas una vez por semana. Con KNOX OUT® se inició la primera aplicación, de igual manera, siete semanas después de la inducción floral y la segunda aplicación se realizó dos semanas después de la primera aplicación, coincidiendo con la tercera aplicación del insecticida de uso convencional.

Se consideraron cinco tratamientos cuyo resumen se presenta en el Cuadro 2.

T1. KNOX OUT® (3 l/ha), aplicado 49 ddf y 63 ddf.

El tratamiento uno (T1) correspondió a la aplicación de KNOX OUT® en dosis de 3 l/ha dirigido a toda la planta en el estadio de flor cono (49 ddf) con repaso de aplicación 63 ddf en estadio flor 2 utilizando la misma dosis.

T2. KNOX OUT® (4l/ha), aplicado 49 ddf y 63 ddf.

El tratamiento dos (T2) correspondió a la aplicación de KNOX OUT® en dosis de 4 l/ha dirigido a toda la planta en el estadio de flor cono (49 ddf) con repaso de aplicación 63 ddf en estadio flor 2 utilizando la misma dosis (4 l/ha).

T3. Insecticida de uso convencional (Carbaril 48 SC y Diazinón 60 EC) (2,1 l/ha y 3 l/ha), aplicado 49 ddf , 56 ddf, 63 ddf y 70 ddf.

El tratamiento tres (T3), correspondió a la aplicación del insecticida de uso convencional de la finca (2,1 l/ha de Carbaril y 3 l/ha de Diazinón) dirigido a toda la planta en el estadio de flor cono (49 ddf) con repaso de aplicación 56 ddf (estadio de flor 1), 63 ddf (estadio de flor 2) y 70 ddf (estadio de flor 3), utilizando la misma dosis.

T4. Insecticida de uso convencional (Carbaril 48 SC y Diazinón 60 EC) (2,8 l/ha y 4 l/ha) y aplicado 49 ddf, 56 ddf, 63 ddf y 70 ddf.

El tratamiento cuatro (T4), consistió a la aplicación del insecticida de uso convencional de la finca correspondiente a 2,8 l/ha de Carbaril y 4 l/ha de Diazinón dirigidos a toda la planta en el estadio de flor cono (49 ddf) con repaso de aplicación 56 ddf (estadio de flor 1), 63 ddf (estadio de flor 2) y 70 ddf (estadio de flor 3), utilizando la misma dosis.

T5. Testigo Absoluto.

El tratamiento cinco (T5), correspondió a la no aplicación de insecticida a la planta de piña en ningún estadio de su desarrollo.

Cuadro 1. Identificación de tratamientos, productos, dosis, número de ciclos, intervalos de aplicación, inicio de aplicaciones, finalización de aplicaciones, ingrediente activo y coadyuvante utilizados en el control de Tecla (*Strymon megarus*) en piña MD-2 en finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017.

Trat.	Producto	Dosis (l/ha)					N° de Ciclos	Intervalo de aplicación	Aplicación	
		Baja	Alta	Aceite Agrícola	Ácido Fosfórico	Agua			Inicio (ddf)	Final (ddf)
T1	KNOX OUT® (Diazinón)	3	-	7,5	0,5	3740	2	Cada 15 días	49	63
T2	KNOX OUT® (Diazinón)	-	4	7,5	0,5	3740	2	Cada 15 días	49	63
T3	Insecticida Convencional (Diazinón y Carbaril)	2,1 Carbaril	-	7,5	0,5	3740	4	Cada 7 días	49	70
		3 Diazinón								
T4	Insecticida Convencional (Diazinón y Carbaril)	-	2,8 Carbaril	7,5	0,5	3740	4	Cada 7 días	49	70
			4 Diazinón							
T5	Testigo	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.6 Distribución de parcelas y tratamientos

La aleatorización de los tratamientos dentro de cada bloque experimental se realizó con ayuda del programa Excel 2013 versión Windows 7 mediante la función de herramientas, análisis de datos, números aleatorios. Se asignó la numeración correspondiente a las parcelas y los tratamientos y la representación aleatoria se presenta en la Figura 5.

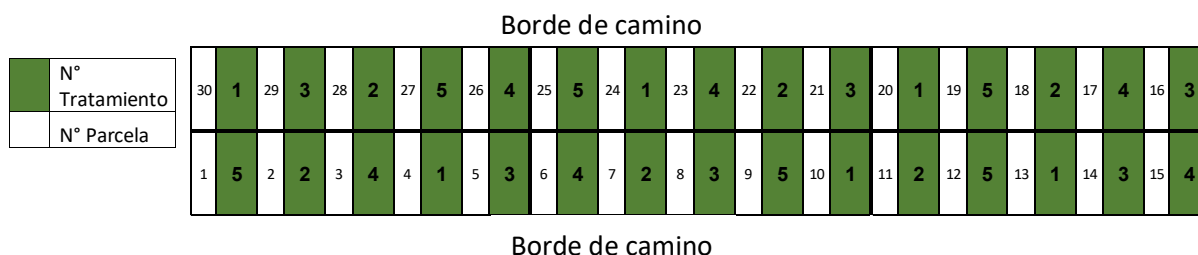


Figura 5. Representación esquemática de la distribución e identificación de parcelas y tratamientos en experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de *Strymon megarus* (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017.

3.7 Área experimental

El experimento tuvo lugar en el lote 135, bloque comercial 4 (Figura 6), correspondiente a una plantación de segunda cosecha (entendiéndose por bloque al grupo de plantas que tienen la misma fecha de siembra, tipo y tamaño del material de siembra; cultivadas en 24 camas y separados de otros bloques por un camino o alguna barrera física; y entendiéndose como lote, al grupo de bloques que lo conforman). Las plantas de los bloques del lote 135 fueron inducidas a floración la semana del 7 al 13 de mayo del 2017, con un peso promedio a forzamiento de 2,75 kilogramos, transcurridas 88 semanas post siembra. Dicha plantación fue cultivada a una densidad de 65 000 plantas por hectárea y contaba con 31 438 plantas (0,48 hectáreas). En la Figura 3 se presenta el lote 135 de la Finca El Tremedal S.A, Los Chiles, donde se llevó a cabo la investigación, específicamente en el bloque 4 (B:4).



Figura 6. Área experimental para la determinación del efecto de KNOX OUT® para el control de Tecla (*Strymon megarus*) en piña MD-2 en finca El Tremedal S.A. Los Chiles, Costa Rica. 2017.

3.7.1 Parcela experimental

La parcela experimental (Figura 7) consistió de 14,4 metros de ancho por 10 metros de longitud, correspondiente a doce camas por tratamiento, para un área de 144 m² y la parcela útil correspondió a ocho camas centrales de la parcela experimental y seis metros de longitud, de manera que quedó un área buffer de dos camas hacia los bordes laterales y dos metros hacia los bordes superior e inferior, respectivamente, correspondiente a la unidad de muestreo en toda observación. Las frutas de la parcela útil (se muestrearon 160 unidades) se observaron durante la toma de datos programada según las variables definidas. Cada parcela fue identificada debidamente mediante un rótulo indicando descripción según el tratamiento.

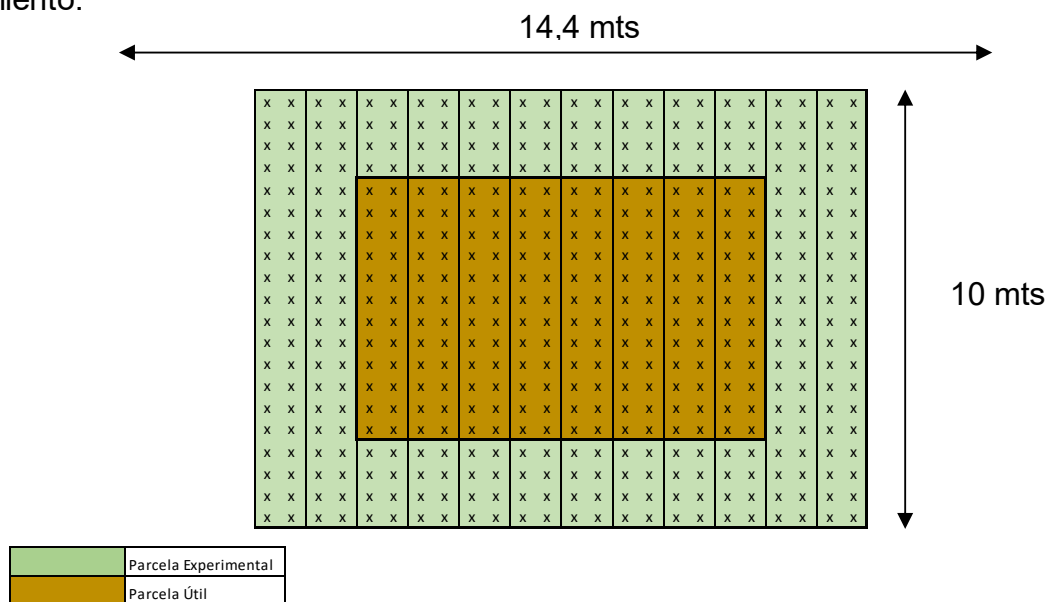


Figura 7. Representación de una parcela experimental y parcela útil para estudio de eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de *Strymon megarus* (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017.

3.7.2 Unidad experimental

La unidad experimental estuvo conformada por cada una de las 160 plantas de la parcela útil distribuida en 10 plantas por hilera, correspondiente a las ocho camas centrales.

3.8 Descripción del proceso de aplicación

3.8.1 Preparación y aplicación de las soluciones

Al evaluar dos dosis de KNOX OUT® y dos dosis de insecticida de uso convencional fue necesario preparar cuatro diferentes soluciones, las cuales se prepararon en campo el mismo día de la aplicación como se puede observar la preparación de la solución de Diazinón microencapsulado (Figura 8) para su aplicación con el Spray boom.



Figura 8. Preparación de la dosis del producto KNOX OUT® a evaluar en experimento para el control de Tecla (*Strymon megarus*) en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica. 2017.

La aplicación de los tratamientos se realizó con un equipo aspersor Sprayboom (Figura 9), mismo que cuenta con una capacidad de 5610 litros cuya descarga es de 3740 litros/ha; se realizó mediante la aspersion de la solución previamente preparada en forma generalizada a todas las plantas de las parcelas experimentales. Las aplicaciones se realizaron en horas tempranas del día o en horas de la tarde, con la finalidad de no reducir la efectividad del producto.



Figura 9. Representación de la aplicación del método de aspersión foliar del insecticida usado en el experimento para el control de Tecla (*Strymon megarus*) en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica. 2017.

3.9 Recopilación de datos

La toma de datos se realizó en el campo mediante observaciones inmediatamente antes de cada aplicación de los tratamientos (cuatro observaciones) para las variables incidencia de Tecla (*Strymon megarus*) y eficacia de control del insecticida KNOX OUT® y el insecticida de uso convencional de la finca versus el Testigo.

Se contó con la ayuda de personal de la finca especializado en el área de muestreos y servicios técnicos (Figura 10).

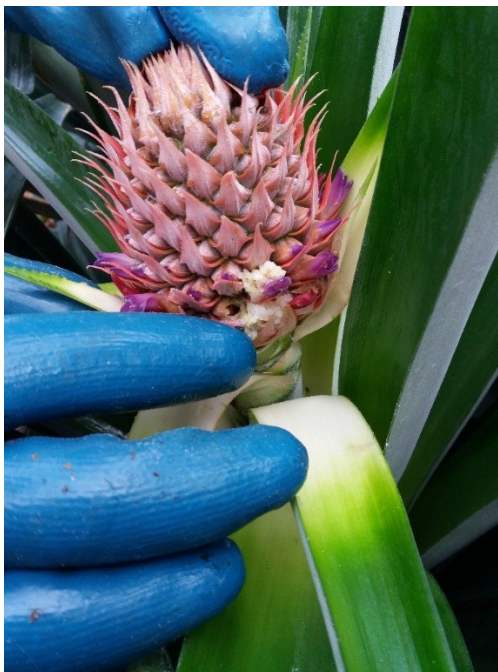


Figura 10. Representación del método de muestreo para determinar presencia de Tecla (*Strymon megarus*) en el área experimental en finca El Tremedal S.A. Los Chiles, Costa Rica. 2017.

3.10 Variables evaluadas

Las variables estuvieron relacionadas con el movimiento poblacional de las larvas de Tecla (*Strymon megarus*), por tanto, todo signo de presencia de la larva (huevo sin eclosionar, huevo eclosionado, larva en cualquier estadio, pupa, excremento de la larva, gomosis y síntoma de daño), considerado indicador de presencia de la larva con consecuente daño de la fruta, cualquiera de ellos, representó un valor a nivel de incidencia. En la Figura 11 se muestran las presencias de signos encontradas durante el desarrollo de la investigación.

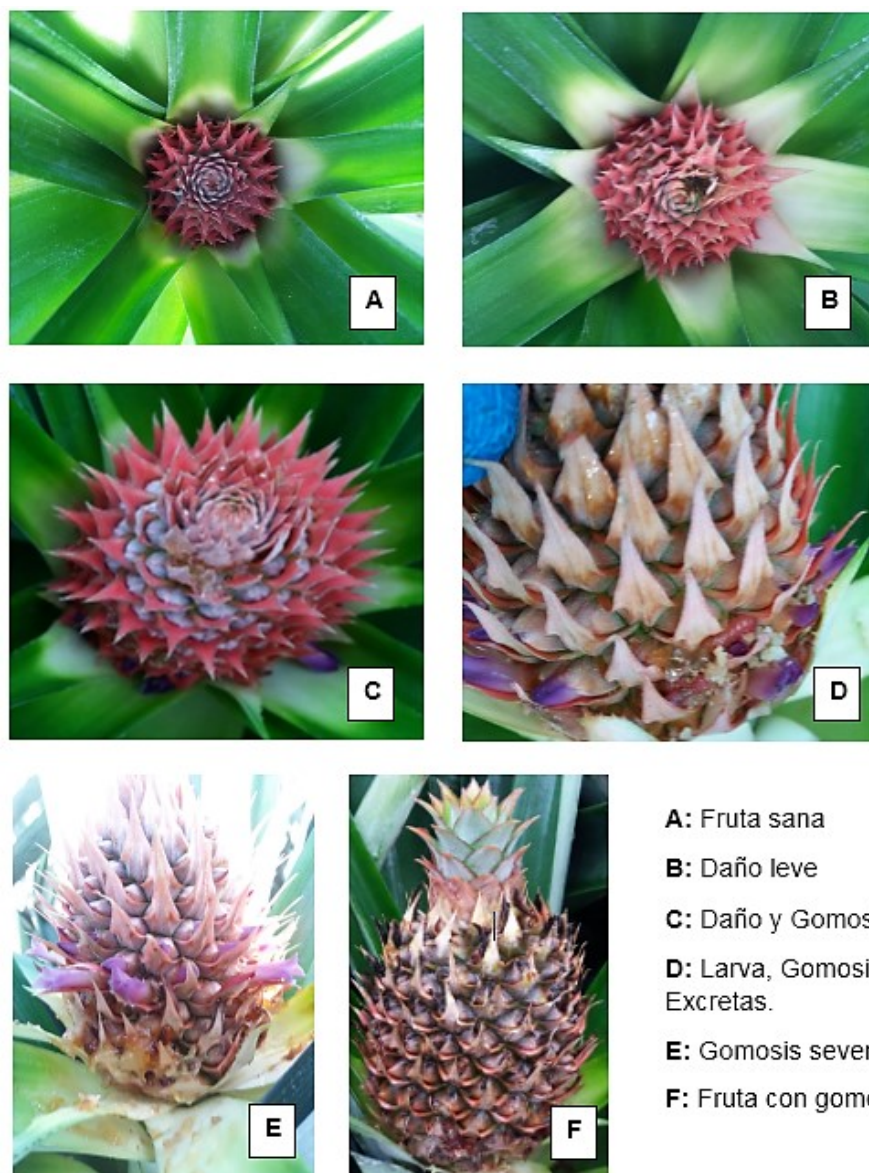


Figura 11. Fruta con signos de daño ocasionado por la presencia de la larva de *Strymon megarus* durante la toma de datos en evaluación de la eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC para su control en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica. 2017.

Se evaluó la eficacia de control del insecticida KNOX OUT® y el insecticida de uso convencional de la finca en comparación al porcentaje relativo al Testigo en que se redujo la incidencia de Tecla (*Strymon megarus*).

Cuadro 2. Variables evaluadas, procedimiento, frecuencia y periodo de observación correspondientes en experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de *Strymon megarus* (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017.

Variable	Procedimiento/Medición	Frecuencia, intervalo	Periodo
Incidencia de fruta con signos de presencia de Tecla (<i>Strymon megarus</i>).	Observación visual de la condición de cada inflorescencia de las plantas de la parcela útil (160). Se observó la inflorescencia completa con ayuda de un espejo, las brácteas inferiores, la corona y el follaje visible de la planta; se cuantificó el número de inflorescencias con signos de presencia y de daño ocasionado por la larva de <i>Strymon megarus</i> (Tecla), (excretas de la larva, gomosis, síntoma de daño, la larva misma independientemente del tamaño o estadio, presencia de pupa, huevos eclosionados y huevos sin eclosionar).	Se realizaron cuatro observaciones durante el periodo de la investigación, las mismas comenzaron 56 ddf. Cada observación fue efectuada antes de la aplicación de los tratamientos.	Observación 1: 56 ddf y coincidió con la segunda aplicación de los 2 tratamientos de insecticida de uso convencional Observación 2: 14 dda ¹ y coincidió con la aplicación de los 4 tratamientos. Observación 3: 21 dda ¹ y coincidió nuevamente con la aplicación de los 2 tratamientos de insecticida de uso convencional de finca. Observación 4: 28 dda ¹ .
Eficacia de control de insecticidas versus el porcentaje relativo al testigo en que se redujo la incidencia de Tecla (<i>Strymon megarus</i>).	Relación matemática respecto a la incidencia en el tratamiento Testigo. Para determinar el grado de eficacia de los insecticidas, se empleó la fórmula de Sun-Shepard (CIBA GEIGY 1981). $\text{Porcentaje de eficacia} = \frac{Pt \pm Pck}{100 \pm Pck} * 100$ Donde: Pt: Porcentaje de control en parcela tratada Pck: Porcentaje de cambio poblacional en el Testigo	-----	-----
Costos de aplicación de cada producto	Cálculo del costo que genera la aplicación de cada producto en 1 hectárea de cultivo, teniendo en cuenta su precio por litro y la dosis utilizada en la investigación (dosis baja y dosis alta).	-----	-----

3.11 Análisis de Datos

Se utilizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) para explorar las variables evaluadas, con el objetivo de evaluar su importancia dentro del conjunto de datos, posibles redundancias (interdependencia) y su contribución a la varianza conjunta. Posteriormente, para cada variable evaluada se aplicó la técnica de Modelos Lineales Generales y Mixtos (MLMix) para determinar la existencia de efectos significativos entre tratamientos, semanas de observación o su interacción. Cuando se determinaron diferencias, se utilizó la Prueba de Comparación Múltiple LSD de Fisher.

Siendo esta una base de datos multivariada, se ejecutó el Análisis de Conglomerados (AC) para ratificar el agrupamiento de tratamientos, con base en el vector de medias de las variables evaluadas y se comprobó la existencia de diferencias significativas entre conglomerados con el Análisis de Varianza Multivariado (ANAVAM, Prueba Wilks) y la Prueba T2 de Hotelling. Se comprobó el sesgo entre grupos mediante el Análisis de Discriminante (AD). Finalmente, para cada variable se aplicó de nuevo la técnica de Modelos Lineales Generales y Mixtos (MLMix) para determinar la existencia de diferencias significativas entre los grupos de tratamientos formados.

Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico InfoStat/P (Di Rienzo *et al* 2017), con un nivel de significancia del 0,05.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Incidencia de frutas afectadas con signos de presencia de *Strymon megarus*

La larva de *Strymon megarus* junto con sus signos de presencia representan un riesgo potencial para la fruta de piña, debido a que ocasiona daños en las inflorescencias principalmente durante la aparición de las primeras hojas hasta el final de la floración (Barbosa 1998).

De acuerdo a la Figura 12 se puede observar la distribución de los signos de presencia evaluados respecto de los tratamientos, en donde huevo eclosionado, huevo sin eclosionar, larva, gomosis y síntoma de daño representaron datos considerables para todos los tratamientos; en algunos tratamientos hubo poca incidencia de los signos evaluados, mientras que en otros tratamientos existió gran incidencia de los mismos. La Figura 12 tipo biplot identifica al tratamiento 5 (Testigo absoluto) como bastante influenciado por signos de presencia de *Strymon megarus*. Los signos de presencia específicos de gomosis y síntoma de daño presentaron resultados similares, por lo que se puede presumir que hay relación entre ellas. Otro dato importante es que los resultados obtenidos explican el 90% de la variabilidad del experimento, siendo en el eje x un 64,4% y en el eje y un 25,6%.

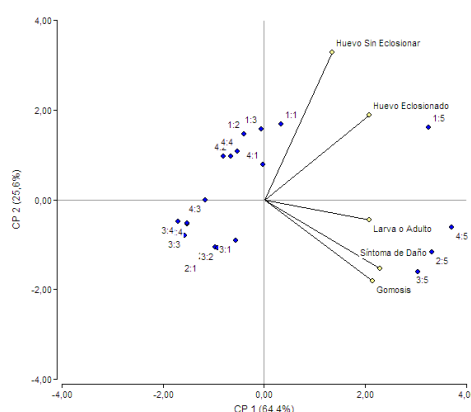


Figura 12. Representación estadística de la distribución de las variables respecto a los tratamientos durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de *Strymon megarus* (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017.

En el Cuadro 3 se observan valores porcentuales durante la última observación a los 28 días después de la primera aplicación, que corresponden a frutas afectadas con algún signo de presencia de *Strymon megarus* en plantas tratadas con KNOX OUT® dosis baja (en adelante K.O.D.b) y KNOX OUT® dosis alta (en adelante K.O.D.A) y el insecticida de uso convencional utilizado por finca en dosis baja (en adelante I.C.D.b) y el insecticida de uso convencional en dosis alta (en adelante I.C.D.A). Además, se visualiza el porcentaje de reducción de la incidencia de esta plaga para cada tratamiento en comparación al Testigo absoluto.

Cuadro 3. Porcentaje de frutas con signo de presencia de *Strymon megarus* observadas en la evaluación final y reducción de la incidencia por cada tratamiento en comparación al Testigo durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de *Strymon megarus* (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017.

Tratamiento		Frutas afectadas (%)	Reducción de la incidencia (%)
Nº	Descripción		
1	KNOX OUT® dosis baja	16,00	57,17
2	KNOX OUT® dosis alta	11,17	62,00
3	Insecticida Convencional dosis baja	7,00	66,17
4	Insecticida Convencional dosis alta	10,50	62,67
5	Testigo absoluto	73,17	0

Se observa que las frutas de piña que no recibieron aplicación de insecticida (T5) fueron las que presentaron el mayor porcentaje de signos de presencia de *Strymon megarus* (73,17%), lo que indica que existió una alta incidencia de la plaga en el área de la investigación. En inflorescencias que recibieron tratamiento de algún insecticida, la presencia de signos de *Strymon megarus* se vio reducida desde un 57,17% hasta un 62,67% respecto al porcentaje de inflorescencias afectadas en el Testigo absoluto, mismo comportamiento que obtuvo Carballo y Castro 2009 en su investigación.

En la Figura 13 se puede visualizar gráficamente el porcentaje en que *Strymon megarus* generó algún signo de presencia en las inflorescencias de la fruta tratadas con KNOX OUT® en dosis baja, en dosis alta y con el insecticida de uso convencional utilizado en finca en dosis baja y en dosis alta.

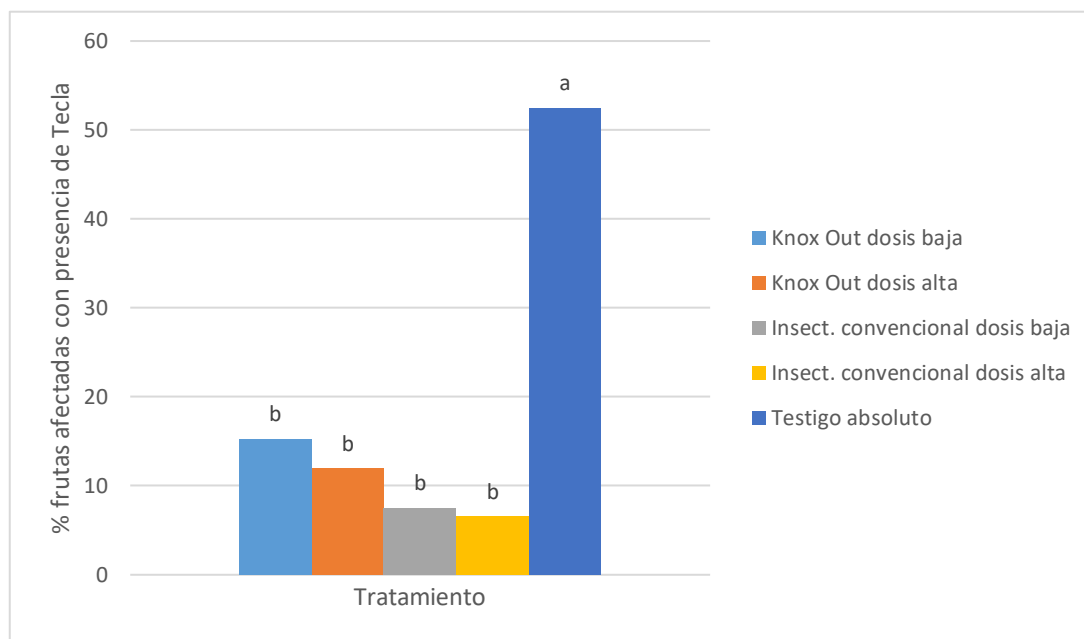


Figura 13. Porcentaje de frutas con signos de presencia según tratamientos aplicados durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de *Strymon megarus* (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017.

Se determinó que el insecticida KNOX OUT® en dosis baja y en dosis alta y el insecticida de uso convencional utilizado en finca en su dosis baja y en su dosis alta no mostraron diferencias significativas entre sí con respecto a la incidencia, sin embargo, mostraron diferencias altamente significativas respecto al Testigo ($p < 0,0001$) como se aprecia en la Figura 13. Esto concuerda claramente con lo que cita Bermúdez (2005) y Silman (2011), los cuales realizaron investigaciones y encontraron que el menor porcentaje de signos de presencia de *Strymon megarus* se obtuvo en los tratamientos aplicados con Carbaril y Diazinón. Se observa además, que las frutas que no recibieron tratamiento alguno presentaron el mayor porcentaje de signos de presencia de *Strymon megarus* (52%), lo que expresa que

en el área determinada para el ensayo fue alta las plantas con signos de presencia de *Strymon megarus*. En las inflorescencias tratadas con KNOX OUT® se presentaron en una cantidad significativamente menor al ser tratadas con dosis baja (37% menos que en el tratamiento Testigo) y con dosis alta (41% menos que en el tratamiento Testigo), no obstante, el tratamiento correspondiente al insecticida de uso de finca redujo aún más la incidencia en comparación al Diazinón microencapsulado.

Se analizaron uno por uno los signos de presencia en estudio con el fin de determinar si existió alguna interacción entre los tratamientos aplicados y su evolución a través del periodo evaluado (cuatro semanas) en las que se llevó a cabo la investigación, como lo reportó Silman (2011) en su ensayo donde encontró que a medida que se realizaron las aplicaciones y evaluaciones, los daños en las inflorescencias fueron disminuyendo considerablemente a través del tiempo. Cabe mencionar que respecto a los signos huevo eclosionado y huevo sin eclosionar no presentaron diferencias significativas (Anexo 3 y Anexo 4 respectivamente), por lo que fueron omitidas en el análisis.

Es importante mencionar que el signo de presencia referido a pupa no fue tomada en cuenta, como consecuencia de que durante los muestreos realizados en el transcurso de la investigación no existieron datos para dicho signo. Además, otro punto a tener en cuenta es que la evaluación de esta variable hace referencia a la presencia de signos de *Strymon megarus* como tal, lo que quiere decir que el signo puede encontrarse presente en las inflorescencias de piña, sin causar efecto adverso sobre estas.

4.1.1 Síntoma de Daño

Es importante hacer mención que síntoma de daño hace referencia a cualquier perforación, galería o deformidad presente en la fruta, características que están directamente relacionadas con la presencia de *Strymon megarus* en las inflorescencias de piña.

Las parcelas no tratadas (Testigo absoluto) presentaron mayor cantidad de síntomas de daño (Figura 14) durante las cuatro semanas de evaluación, cuyas diferencias fueron significativas ($p=0,0388$) (Anexo 1 y Anexo 2) en la semana 2, semana 3 y semana 4. De igual manera, se mantiene una tendencia de los tratamientos a base de Carbaril y Diazinón, en donde el daño en fruta es mínimo. Los cuatro tratamientos donde se aplicó insecticida se comportaron estadísticamente iguales entre sí, respecto a la incidencia de fruta con síntoma de daño pero diferentes al tratamiento Testigo.

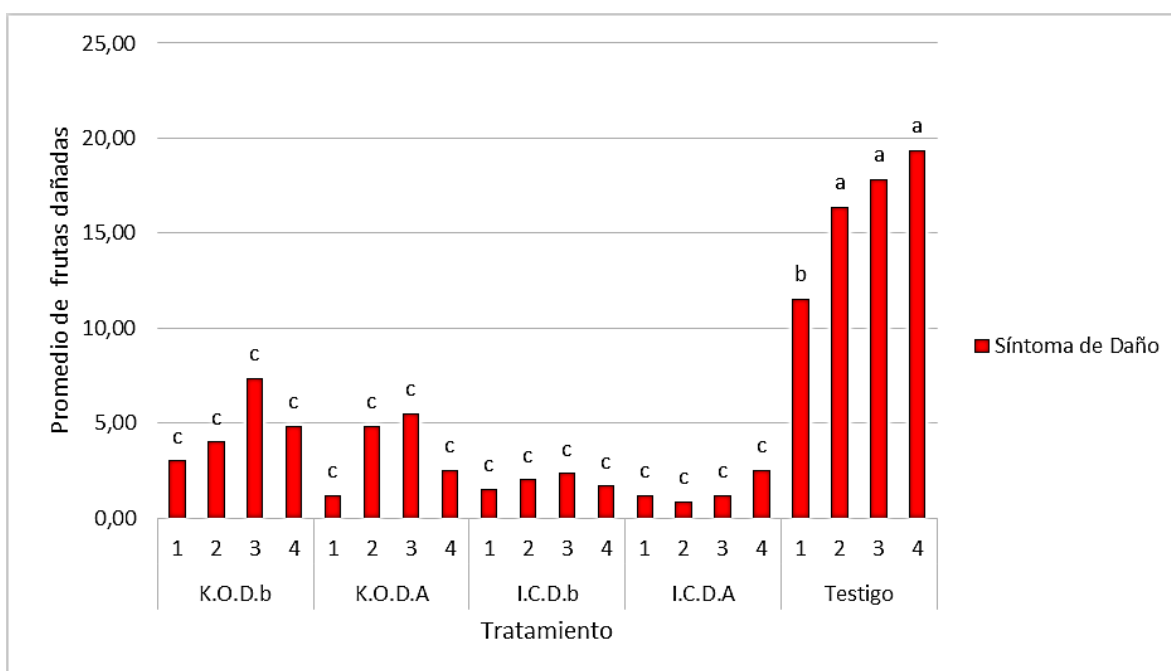


Figura 14. Media de frutas con síntoma de daño durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de *Strymon megarus* (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017.

4.1.2 Excretas

En la Figura 15 se puede observar el promedio de frutas afectadas con excretas, lo que indica un signo de presencia de esta plaga; de igual manera la interacción a través del tiempo tratamiento-semana de observación en el tratamiento Testigo es la que genera efectos altamente significativos ($p<0,0001$)

(Anexo 5 y Anexo 6) siendo la semana 3 y semana 4 donde se manifestó mayormente (19 frutas y 20 frutas respectivamente). Los otros dos productos en ambas dosis presentaron un comportamiento estadísticamente similar, sin embargo, hay una menor aparición de excretas en los tratamientos donde se utilizó el insecticida de uso convencional de la finca, esto se explica por la menor presencia de larvas

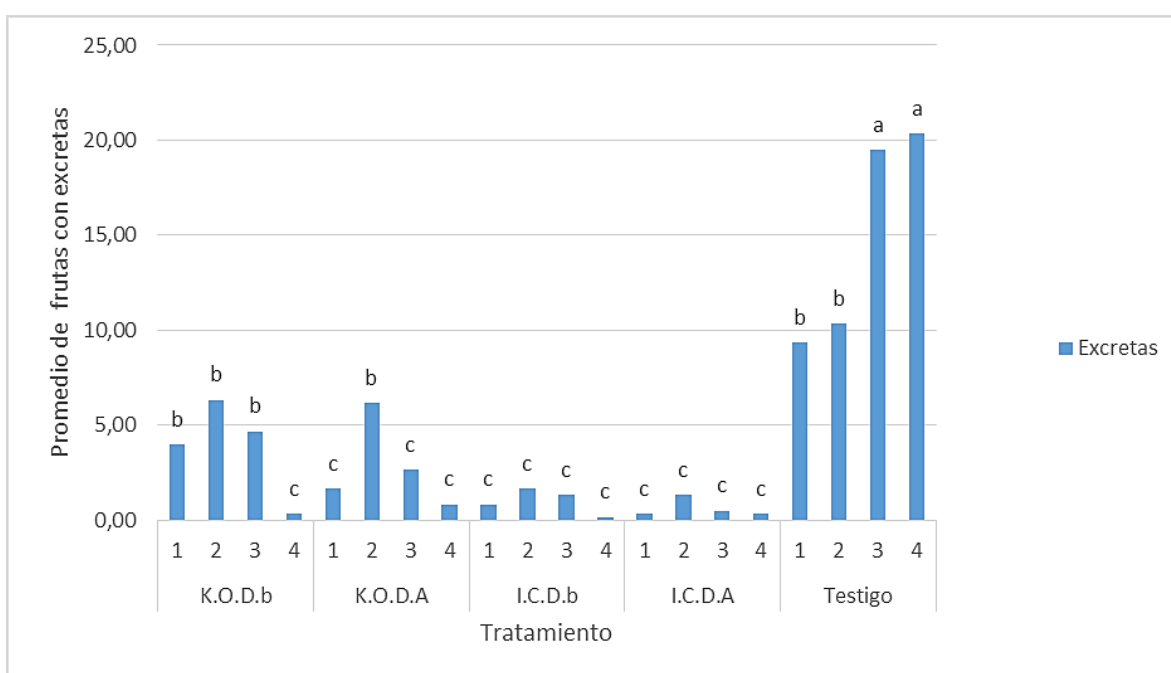


Figura 15. Media de frutas con excretas durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de *Strymon megarus* (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017.

4.1.3 Gomosis

En la Figura 16 se puede observar que la gomosis se manifestó altamente significativa en la interacción de los tratamientos a través del tiempo ($p < 0,0001$) (Anexo 7 y Anexo 8), de igual manera, en el tratamiento donde fue aplicado insecticida, encontrando que la última semana de evaluación fue en la que presentó la diferencia en comparación a las otras semanas (21 frutas con gomosis). También

siguió la misma tendencia observada en los tratamientos que incluyeron insecticida utilizado en finca, fue el que presentó durante sus cuatro semanas de aplicación, menos incidencia de este signo de presencia de *Strymon megarus*.

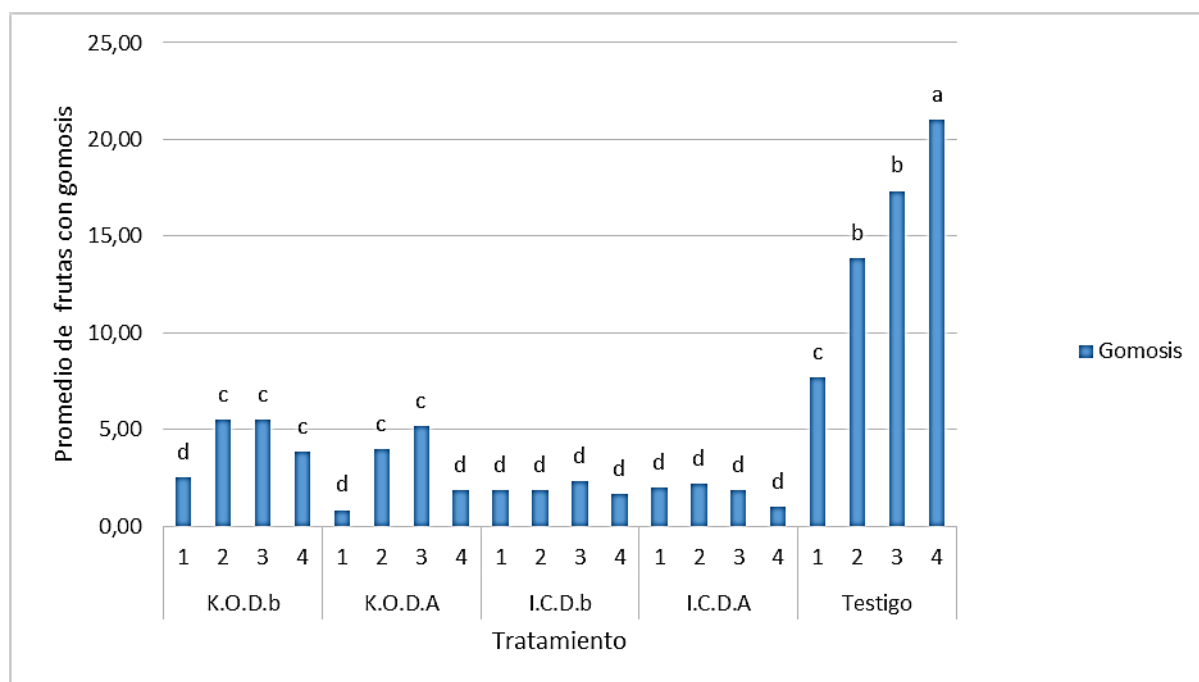


Figura 16. Media de frutas con gomosis durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de *Strymon megarus* (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017.

4.1.4 Larva

La presencia de larvas de *Strymon megarus* fue mayormente observada en las primeras semanas de la formación de la fruta de piña, ya que es en los estadios donde la larva se observó en su incidencia más alta; como se puede ver en la Figura 17, existen efectos significativos ($p=0,0002$) (Anexo 9 y Anexo 10), siendo la semana 1 con 11 larvas, la semana 2 con 12 larvas y la semana 3 con 8 larvas en el tratamiento Testigo, donde se concentró la mayor cantidad de este signo de presencia. En los otros tratamientos se presentó una condición similar, no obstante como ocurrió con los otros signos de presencia, el tratamiento con el insecticida de

uso convencional de la finca en dosis alta, generó la menor presencia de Tecla durante las cuatro semana de observación (menos de una larva por fruta).

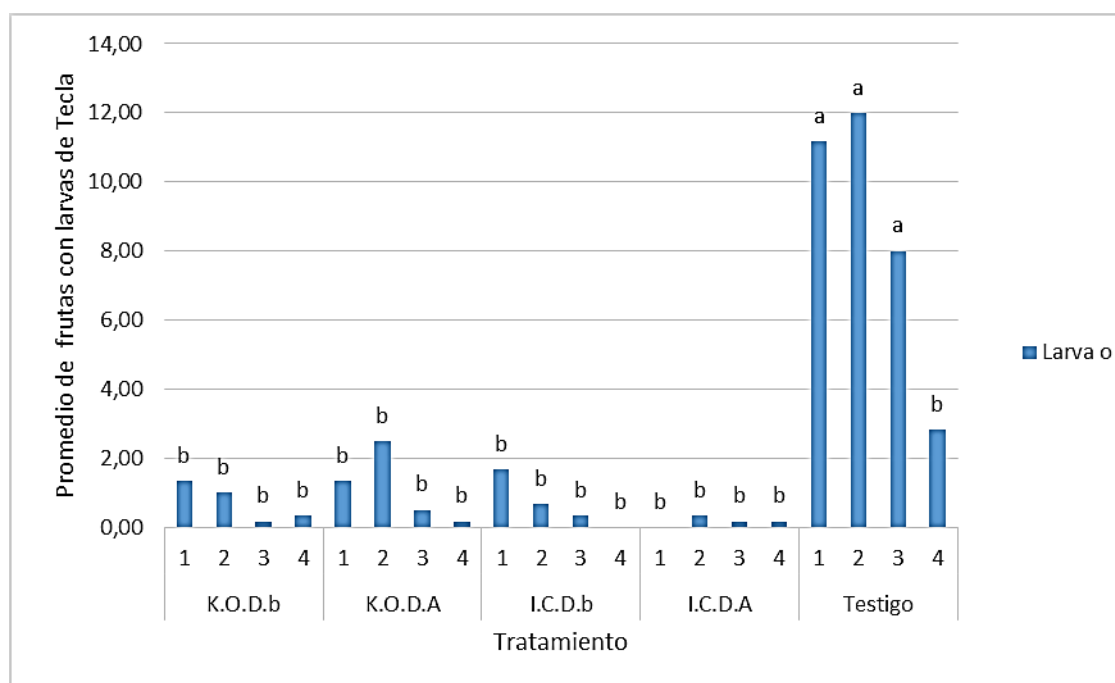


Figura 17. Media de frutas con larva a adulto durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de *Strymon megarus* (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017.

Se realizó un análisis por conglomerados para ver el comportamiento de todos los tratamientos por cada signo de presencia (Cuadro 5), dando como resultado la formación de tres agrupaciones o conglomerados existiendo diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$). Se puede observar en el Cuadro 5, que los signos síntoma de daño, gomosis, larva y excretas, presentaron diferencias altamente significativas entre el conglomerado 1 y el conglomerado 3 respecto al conglomerado 2, existiendo siempre el vector de medias más alto en este último. Según estas agrupaciones entre los conglomerados 1 y 3 no hay diferencias significativas, los cuales abarcan a los tratamientos con el KNOX OUT® y el tratamiento de uso convencional de la finca (ambos casos en dosis baja y en dosis

alta), por lo que la implementación de uno u otro no generará una diferencia mayor en cuanto al control de *Strymon megarus* en la inflorescencia de la piña; sin embargo, una vez obtenido este resultado es importante evaluar el costo que resulta la aplicación del KNOX OUT® versus la aplicación del insecticida utilizado en finca.

Cuadro 4. Vector de medias por conglomerados referente a las variables evaluadas durante experimento sobre eficacia de KNOX OUT® 2FM 24 SC en el control de *Strymon megarus* (Tecla) en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017.

Conglomerado	Síntoma de Daño		Huevo Eclosionado		Huevo Sin Eclosionar		Gomosis		Larva		Excretas	
1	2,38	b	3,62	b	3,36	a	1,98	b	0,71	b	1,19	b C
2	16,25	a	5,21	a	3,17	a	14,96	a	8,5	a	14,88	a B
3	3,3	b	1,19	c	0,43	b	3,33	b	0,63	b	2,76	b A
p-valor	<0,0001		<0,0001		<0,0001		<0,0001		<0,0001		<0,0001	

Medias con una letra mayúscula en común no son significativamente diferentes según la prueba Hotteling.

Medias con una letra minúscula en común no son significativamente diferentes según la prueba DGC por conglomerados

4.2 Eficacia del Diazinón microencapsulado en comparación al insecticida convencional de finca sobre control de *Strymon megarus*.

Las inflorescencias de plantas de piña tratadas dos veces en el periodo de floración con KNOX OUT® 2FM 24 SC con dos dosis diferentes de 3 l/ha y 4 l/ha (Diazinón en solución junto con un coadyuvante y un regulador de pH, esta aplicación cada 14 días) y tratadas cuatro veces (manejo comercial de la finca) a dos dosis 3 l/ha – 4 l/ha y 2,1 l/ha – 2,8 l/ha (Diazinón 60 EC y Carbaril 48 SC en solución junto con un coadyuvante y un regulador de pH cada siete días), fueron observadas con el objetivo de determinar presencia de signos de daño de *Strymon megarus*, con lo que se determinó la efectividad de aplicar el KNOX OUT® 2FM 24 SC dos veces en el ciclo o el manejo comercial de finca cuatro veces durante el mismo.

En el Cuadro 4 se puede observar los porcentajes de eficacia que presentó cada uno de los insecticidas utilizados en la investigación, de acuerdo a su dosis y

durante las cuatro observaciones realizadas, mismas en las que se puede apreciar el porcentaje de frutas que no presentaron daño de *Strymon megarus* (frutas sanas). La eficacia fue obtenida por cada una de las observaciones realizadas, tomando como datos el porcentaje de fruta con signo de presencia de *Strymon megarus* y el porcentaje relativo al tratamiento Testigo en que se redujo la incidencia de *Strymon megarus*. Así mismo, se obtuvo un promedio general de eficacia de control, en el que se refleja más claramente la cantidad de frutas que no presentaron signos presentes de la plaga.

Cuadro 5. Porcentaje de eficacia de los insecticidas durante las cuatro observaciones realizadas en el control de *Strymon megarus* en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017.

Tratamiento	Eficacia de control (%)				Promedio General (%)
	Observ. 1	Observ. 2	Observ. 3	Observ. 4	
K.O.D.b	33,58	34,68	38,65	38,15	36,27
K.O.D.A	29,91	35,38	36,61	36,06	34,49
I.C.D.b	30,77	30,38	33,08	34,35	32,15
I.C.D.A	28,44	29,86	32,06	35,82	31,55

Se puede observar además de los tratamientos en donde se aplicó el producto KNOX OUT® el que mejor eficacia obtuvo fue en donde se utilizó la dosis baja (36,27%), y el tratamiento que menor eficacia obtuvo se presentó en el insecticida de uso convencional de finca en dosis alta (31,55%). Sin embargo, de acuerdo al análisis estadístico de modelos lineales generales y mixtos realizado no se encontraron diferencias significativas (Anexo 12) según la prueba LSD Fisher (Cuadro 5) entre los porcentajes de eficacia de control de los cuatro tratamientos ($p=0,9228$), lo que explica que utilizar cualquiera de los dos insecticidas en dosis baja o en dosis alta, la respuesta que se va a obtener para el control de *Strymon megarus* va a presentar una tendencia similar.

Cuadro 6. Prueba de medias LSD Fisher 5% referente al número de frutas sanas en el control de *Strymon megarus* en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017

Tratamiento		Media porcentual frutas sanas	Significancia (0,05)
Nº	Descripción		
1	KNOX OUT® dosis baja	36,27	a
2	KNOX OUT® dosis alta	34,49	a
3	Insecticida Convencional dosis baja	32,15	a
4	Insecticida Convencional dosis alta	31,55	a

Letras en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Gráficamente se puede observar en la Figura 18 el porcentaje real de frutas sanas donde se observa más claramente la similitud entre los cuatro tratamientos, con una diferencia porcentual no mayor al 5% entre el tratamiento 1 que obtuvo mejor eficacia de control y el tratamiento 4 que obtuvo menor eficacia de control.

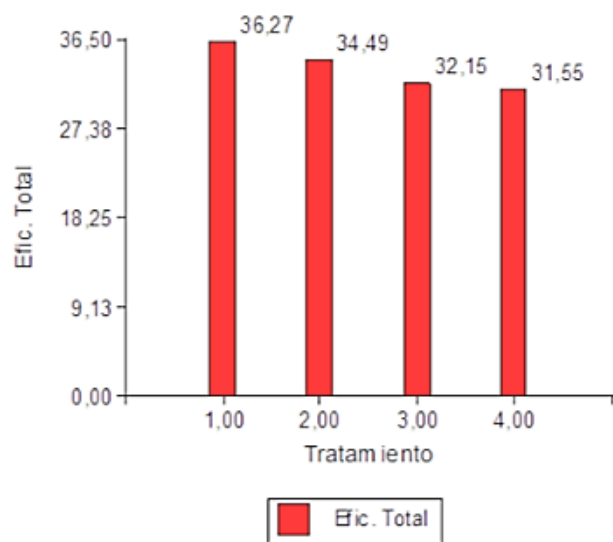


Figura 18. Eficacia de los insecticidas evaluados después de la investigación en el control de *Strymon megarus* en piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017.

La Prueba de Contrastes realizada (Anexo 14) a nivel de tratamientos para evaluar eficacia de control de los insecticidas no presentó diferencias significativas, por lo tanto los dos insecticidas y las dos dosis utilizadas no generan diferencia en cuanto al control de *Strymon megarus*.

4.3 Costo final de producto por hectárea versus dosis y cantidad de aplicaciones

Como se puede apreciar en el Cuadro 7 el tratamiento que menos costo total de aplicación en todo el ciclo provoca es el tratamiento KNOX OUT® dosis baja (29.231,40 colones). Los tratamientos que presentan menos costo, después del tratamiento con KNOX OUT® a dosis baja, fueron los tratamientos de insecticida convencional dosis baja y KNOX OUT® dosis alta, con un costo de 34.981,89 colones y 38.975,20 colones respectivamente.

Cuadro 7. Costos de aplicación por hectáreas para cada uno de los productos en fruta de piña MD-2, finca El Tremedal S.A., Los Chiles, Costa Rica, 2017.

Tratamiento	Dosis	Cantidad de aplicaciones	Costo Final (¢)
Knox Out	Baja	2	29.231,40
Knox Out	Alta	2	38.975,20
Insecticida Convencional	Baja	4	34.981,89
Insecticida Convencional	Alta	4	46.642,52

Por otro parte, el tratamiento más costoso fue el tratamiento del insecticida convencional de finca en su dosis alta (46.642,52 colones), lo cual marcó diferencia con el KNOX OUT® en cuanto a la cantidad de aplicaciones (dos aplicaciones versus cuatro aplicaciones). Adicionalmente, este tratamiento no mostró diferencias significativas con respecto al control ocasionado por KNOX OUT® en dosis baja y dosis alta, ni en el insecticida convencional de finca en dosis baja.

Una vez evaluada la variable de costos de aplicación y comparando estos resultados con los de eficacia de control, se puede llegar a decir que el producto KNOX OUT® es una alternativa competitiva no sólo en términos productivos, sino también en la disminución de riesgos para la salud y el ambiente, debido a su clasificación toxicológica, ya que presenta menor concentración de carga química (24%) en comparación al Diazinón 60 EC (60%).

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se efectuó esta investigación se concluye:

1. La aplicación de KNOX OUT® genera la misma eficacia de control de *Strymon megarus* en comparación al insecticida de uso convencional de finca, no existiendo diferencias significativas entre ambos ($p=0,9228$).
2. La aplicación de KNOX OUT® sobre inflorescencias de piña MD-2 en su dosis baja permite un control sobre *Strymon megarus* de hasta un 36% en comparación a plantas no tratadas con insecticida.
3. La aplicación de KNOX OUT® ayuda a disminuir la incidencia de *Strymon megarus* en las inflorescencias de piña.
4. Aplicar KNOX OUT® a los 49 ddf y los 63 ddf ejerce un control similar sobre *Strymon megarus* en comparación al insecticida convencional de finca aplicado a los 49 ddf, 56 ddf, 63 ddf y 70 ddf.
5. El tratamiento más rentable tomando en cuenta costo de aplicación y eficacia de control fue el KNOX OUT® aplicado en dosis baja (29.231,40 colones/hectárea).
6. La utilización de KNOX OUT® dos veces en el ciclo permite una reducción de costos fijos (hora máquina y hora operario) y utilizar estos recursos para realizar otras labores importantes en finca.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar el ensayo hasta producción para observar el efecto en la calidad final de la fruta y ver porcentajes de rechazo por daños ocasionados por *Strymon megarus*.
- Efectuar el ensayo en un área más grande y en diferentes épocas del año, para visualizar variaciones por factores poblacionales de la plaga y condiciones ambientales.
- Podría sustituirse el uso de los insecticidas banda amarilla utilizados por finca por el KNOX OUT® banda verde de lenta liberación, porque además de que este producto ejerció control sobre la presencia de *Strymon megarus*, también fue más económico por sus ventajas de costo de aplicación al aplicarse únicamente dos veces en el ciclo.

7. BIBLIOGRAFÍA

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Register). 1997. Diazinón. s.n.t. Microficha.

Badii, M.H; Varela, S. 2008. Insecticidas Organofosforados: Efectos sobre la salud y el ambiente. CULCyT (Cultura Científica y Tecnológica). Vol 5 (28): 5-17.

Banacol; UNED (Universidad Estatal a Distancia). 2008. Evaluación del sistema de producción de piña y la implementación tecnológica de buenas prácticas agrícolas integradas en la Región Huétar Norte y Nor-atlántica de Costa Rica (en línea). Costa Rica. Consultado 18 ago, 2015. Disponible en <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/plan-aplicacion-banacol-1/plan-aplicacion-banacol>

Barboza, M. 1998. Distribución de la tecla (*Strymon basilides* Geyer, Lep: Lycaenidae) de acuerdo a la influencia de los diferentes habitantes y los hospederos silvestres en Buenos Aires de Puntarenas. Informe Bach. Ing. Agr. Santa Clara, CR, Escuela de Agronomía, ITCR. 96 p.

Bermúdez, F. 2005. Control de daño por *Strymon basilides* (Lepidoptera: Lycaenidae) en la piña. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad EARTH. Guácimo, Costa Rica. 39p.

Carballo, L; Castro, Z. 2009. Evaluación de coadyuvantes a diferentes concentraciones y volúmenes de aplicación para mejorar la eficacia de Spinosad 12 SC en el control de Tecla (*Strymon basilides* Geyer, Lep: Lycaenidae) en piña (*Ananas comosus*) [L.] Merr. Híbrido MD-2, Costa Rica. s.n.t. San Carlos, Costa Rica. 30p.

Cerrato, I. 2013. Estudio de mercado para la comercialización de piña MD2. Honduras. s.n.t. Microficha. 20p.

CIBA GEIGY. 1981. Manual para ensayos de campo en protección vegetal, 2.^a Ed. Documenta Ciba Geigy. Ciba Geigy S.A., Suiza, 204 pp

Coto, D; Saunders, JL. 2004. Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales en América Central. Turrialba, CR, CATIE. 270 p.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Fernández, N; Pujol, E; Maher, E. 2012. Los plaguicidas aquí y ahora. Buenos Aires, Argentina. 124 p

García, M. 2007. Estudio y apoyo a las actividades de control de plagas en el cultivo de Piña (*Ananas comosus*) en la Finca San Luis, en el Departamento de Suchitepéquez y la Finca Popoyá del Departamento de Escuintla. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala. 83p.

Garita, R. 2014. La Piña. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 568p.

INBio (Instituto Nacional de Biodiversidad). *Strymon megarus* (en línea). Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. Consultado 1 sep, 2015. Disponible en <http://atta2.inbio.ac.cr/neoportal-web/species/Strymon%20megarus>

Jiménez J. 1999. Manual práctico para el cultivo de la piña de exportación. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica; Libro Universitario Regional (LUR). 224p. ISBN 9977661049

Laboratorios Agroenzymas. s.f. Información técnica y fisiológica del cultivo de piña (en línea). Consultado 11 nov, 2015. Disponible en <http://www.apiscis.com/>

OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). 2000. Uso y Manejo Seguro de Plaguicidas en el Cultivo de Piña (en línea). Consultado 18 ago, 2015. Disponible en

<http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/bibliotecavirtual/manejoseguroids/ecticidaspina.pdf>

OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). 2001. Manejo Integrado de Plagas (en línea). Consultado 20 ago, 2015. Disponible en <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/Oirsa/50000083.pdf>

Robbins, R. K. 2010. The "upside down" systematics of hairstreak butterflies (Lycaenidae) that eat pineapple and other Bromeliaceae. Studies on Neotropical Fauna and Environmental. Vol. 45 (1): 21-37.

Rodríguez, M. s.f. Guía de identificación y manejo integrado de plagas y enfermedades en piña (en línea). Costa Rica. Consultado 18 ago, 2015. Disponible en <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-banacol/guia%20identificacion5.pdf>

Sandoval, I.A; Torres, E.E. 2011. Guía Técnica del Cultivo de la Piña. San Andrés, El Salvador. s.n.t. Microficha. 18p.

Silman, F. 2011. Eficacia biológica del insecticida KNOX OUT 2 FM 24 CS (Diazinón) para control de tecla: *Strymon basilides* y cochinilla harinosa: *Dysmicoccus brevipes*, en el cultivo de piña (*Ananas comosus* Var. MD-2)

SS (Secretaria de Salud de Veracruz). s.f. Ficha técnica No. 1.1: insecticidas Organofosforados y Carbamatos (en línea). Consultado 20 ago, 2015. Disponible en <http://web.ssaver.gob.mx/citver/files/2012/07/Ficha-t%C3%A9cnica-No.-1.1-insecticidas-Organo.pdf>

United Phosphorus Limited (UPL). 2012. Hoja de seguridad: KNOX OUT® 2FM 24 CS. (correo electrónico). Philadelphia, Estados Unidos.

Vargas, K. 2008. Factores a considerar durante el establecimiento y manejo de una plantación comercial de piña (*Ananas comosus*) (L) Merr. para exportación. Trabajo Final de Graduación Bach. Ing. Agr. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. 85p.

Vargas, E. 2011. Guía para la identificación y manejo integrado de plagas en piña (en línea). Consultado 11 nov, 2015. Disponible en <http://cep.unep.org/>

8. ANEXOS

Resultados de análisis de varianza corregido por heterocedasticidad para la interacción tratamiento-semana de observación de todos los signos de incidencia de *Strymon megarus*.

Anexo 1. Prueba de hipótesis secuencial en la interacción tratamiento-semana para el signo síntoma de daño.

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	233,99	<0,0001
Tratamiento	4	90,87	<0,0001
Semana	3	2,79	0,0447
Tratamiento:Semana	12	1,93	0,0388

Anexo 2. Prueba estadística de la interacción tratamiento-semana para la variable síntoma de daño en fruta de piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.

Sintoma.de.Dano - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Semana

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Semana	Medias	E.E.	
5	4	19,33	1,34	A
5	3	17,83	1,42	A
5	2	16,33	1,78	A
5	1	11,50	1,60	B
1	3	7,33	1,72	C
2	3	5,50	1,17	C
2	2	4,83	1,46	C
1	4	4,83	1,62	C
1	2	4,00	2,15	C
1	1	3,00	1,94	C
4	4	2,50	0,54	C
2	4	2,50	1,10	C
3	3	2,33	0,71	C
3	2	2,00	0,88	C
3	4	1,67	0,66	C
3	1	1,50	0,79	C
2	1	1,17	1,31	C
4	1	1,17	0,65	C
4	3	1,17	0,58	C
4	2	0,83	0,72	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 3. Prueba de hipótesis secuencial en la interacción tratamiento-semana para el signo huevo eclosionado.

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	118,47	<0,0001
Tratamiento	4	11,65	<0,0001
Semana	3	8,57	<0,0001
Tratamiento:Semana	12	0,51	0,9029

Anexo 4. Prueba de hipótesis secuencial en la interacción tratamiento-semana para el signo huevo sin eclosionar.

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	44,04	<0,0001
Tratamiento	4	2,97	0,0231
Semana	3	11,37	<0,0001
Tratamiento:Semana	12	0,97	0,4858

Anexo 5. Prueba de hipótesis secuencial en la interacción tratamiento-semana para el signo excretas.

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	90,99	<0,0001
Tratamiento	4	63,63	<0,0001
Semana	3	11,35	<0,0001
Tratamiento:Semana	12	4,05	<0,0001

Anexo 6. Prueba estadística de la interacción tratamiento-semana para el signo excretas en fruta de piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.

Excretas - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Semana

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Semana	Medias	E.E.	
5	4	20,33	1,54	A
5	3	19,50	2,31	A
5	2	10,33	2,81	B
5	1	9,33	2,90	B
1	2	6,33	1,86	B
2	2	6,17	0,89	B
1	3	4,67	1,53	B
1	1	4,00	1,92	B
2	3	2,67	0,73	C
2	1	1,67	0,92	C
3	2	1,67	0,38	C
4	2	1,33	0,33	C
3	3	1,33	0,31	C
3	1	0,83	0,40	C
2	4	0,83	0,49	C
4	3	0,50	0,27	C
4	1	0,33	0,34	C
4	4	0,33	0,18	C
1	4	0,33	1,02	C
3	4	0,17	0,21	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 7. Prueba de hipótesis secuencial en la interacción tratamiento-semana para el signo gomosis.

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	311,40	<0,0001
Tratamiento	4	96,58	<0,0001
Semana	3	3,60	0,0161
Tratamiento:Semana	12	5,00	<0,0001

Anexo 8. Prueba estadística de la interacción tratamiento-semana para el signo gomosis en fruta de piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.

Gomosis - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Semana

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Semana	Medias	E.E.	
5	4	21,00	1,09	A
5	3	17,33	1,75	B
5	2	13,83	1,90	B
5	1	7,67	1,71	C
1	2	5,50	1,63	C
1	3	5,50	1,50	C
2	3	5,17	0,85	C
2	2	4,00	0,92	C
1	4	3,83	0,93	C
1	1	2,50	1,47	D
3	3	2,33	0,47	D
4	2	2,17	0,76	D
4	1	2,00	0,69	D
3	1	1,83	0,46	D
2	4	1,83	0,53	D
4	3	1,83	0,70	D
3	2	1,83	0,51	D
3	4	1,67	0,30	D
4	4	1,00	0,44	D
2	1	0,83	0,83	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 9. Prueba de hipótesis secuencial en la interacción tratamiento-semana para el signo larva.

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	25,31	<0,0001
Tratamiento	4	24,56	<0,0001
Semana	3	3,13	0,0289
Tratamiento:Semana	12	3,54	0,0002

Anexo 10. Prueba estadística de la interacción tratamiento-semana para el signo larva en fruta de piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.

Larva - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento*Semana

DGC (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento Semana Medias E.E.

5	2	12,00	1,80	A
5	1	11,17	2,65	A
5	3	8,00	0,99	A
5	4	2,83	0,84	B
2	2	2,50	0,88	B
3	1	1,67	0,62	B
1	1	1,33	0,72	B
2	1	1,33	1,29	B
1	2	1,00	0,49	B
3	2	0,67	0,42	B
2	3	0,50	0,49	B
4	2	0,33	0,26	B
3	3	0,33	0,23	B
1	4	0,33	0,23	B
4	4	0,17	0,12	B
4	3	0,17	0,14	B
1	3	0,17	0,27	B
2	4	0,17	0,41	B
3	4	0,00	0,20	B
4	1	0,00	0,38	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Costos de aplicación de los productos

Anexo 11. Descripción de los productos utilizados en la investigación, sus dosis respectivas y el precio de cada uno por litro.

Producto	Dosis (l/ha)	Precio/litro (¢)	Costo/ha (¢)
Knox Out	3	4.871,90	14.615,70
	4		19.487,60
Diazinón	3	3.414,09	10.242,27
	4		13.656,36
Carbaril	2,1	3.451,75	7.248,68
	2,8		9.664,90

Anexo 12. Prueba de hipótesis secuencial de los tratamientos para la variable eficacia de control.

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	173,75	<0,0001
Tratamiento	3	0,16	0,9228

Anexo 13. Prueba estadística de los tratamientos para la variable eficacia de control en investigación para el control de *Strymon megarus* en fruta de piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.

Efi.total - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	Medias	E.E.
1	36,27	4,81 A
2	34,49	4,81 A
3	32,15	4,81 A
4	31,55	4,81 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 14. Prueba de contrastes a nivel de tratamientos para evaluar eficacia de control de los insecticidas utilizados en la investigación para el control de *Strymon megarus* en fruta de piña MD-2, finca El Tremedal, Los Chiles, Costa Rica, 2017.

Pruebas de hipótesis para contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	gl	F	p-valor
Ct.1	3,09	4,81	1	0,4135	0,5275
Ct.2	1,58	6,80	1	0,0541	0,8184
Ct.3	0,62	6,80	1	0,0083	0,9282

